



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikainstituut

**Marken Raudnagel**

**AUTO JA MOOTORRATTA MOOTORIÕLI OMADUSTE NING  
TÖÖTINGIMUSTE VÕRDLEMINE**  
COMPARISON OF CHARACTERISTICS AND WORKING CONDITIONS  
OF ENGINE OILS FOR CARS AND MOTORCYCLES

Bakalaureusetöö

Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: lektor Kaie Ritslaid, MSc

Tartu 2017

# LÜHIKOKKUVÕTE



Eesti Maaülikool			
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Marken Raudnagel		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Auto ja mootorratta mootoriõli omaduste ning töötingimuste võrdlemine			
Lehekülgi:51	Jooniseid:8	Tabeleid:9	Lisasid:1
<p>Osakond: Põllundus- ja tootmistehnika</p> <p>ETIS teadusvaldkond: 4. Loodusteadused ja tehnika</p> <p>ETIS teaduseriala: 4.14 Tootmistehnika ja tootmisjuhtimine</p> <p>CERCSi kood: Tehnikateadused, T455 Mootorid ja ajamid</p> <p>Uurimisvaldkond: Tootmistehnika ja tootmisjuhtimine</p> <p>Juhendaja: Kaie Ritslaid</p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2017</p>			
<p>Valminud bakalaureusetöö üks tähtsamaid eesmärke oli välja selgitada, miks ei saa kasutada automootoriõli mootorratta mootoriõlina. Selle eesmärgi saavutamiseks koguti kirjanduslikku materjali ja tehti Eesti Maaülikooli Tehnikainstituudi kütustelaboris katseid, et leida probleemile lahendus. Laborikatsetes leiti õlide tihedus, kinemaatiline viskoossus (arvutati dünaamiline viskoossus) ja viskoossusindeks, hangumispunkt ja leekpunkt. Kirjanduse ülevaates toodi välja, kuidas saadakse määrideõlisid, milliseid nõudeid on esitatud erinevatele mootoriõliledele ja milline on nende klassifikatsioon. Saadeti e-maile mitmetesse Eesti ja välismaa laboritesse, et töös käsitletud õlide oksüdatsioonilist stabiilsust võrrelda, kuid kahjuks positiivseid vastuseid ei saanud ning see analüüs jäi tegemata. Katsetetoodika, kuidas õlisid võrreldi on välja toodud töö neljandas osas ja viiendas osas on välja toodud analüüsi tulemused ja esitatud järeldused. Töö kokkuvõttes on öeldud, et auto mootoriõli ei sobi mootorratta mootoriõliks, kuna nende õlide rakendused on erinevad, sest mootorratta mootoriõli peab määrima ka veel sidurit ja transmissiooni hammasrattaid. Mootorrataste mootorid töötavad tihti kõrgematel pööretel ja temperatuuridel. Töö lõpus lisades toodi välja, kuidas tavakasutaja peaks lugema õlikanistrilt temale seal edastatavat infot.</p>			
Märksõnad: auto mootoriõli, mootorratta mootoriõli, kvaliteedinõuded			

# ABSTRACT



Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Marken Raudnagel		Speciality: Production engineering	
Title: Comparison of characteristics and working conditions of engine oils for cars and motorcycles			
Pages:51	Figures:8	Tables:9	Appendixes:1
Department: Agricultural and production engineering Field of research: 4.Natural Sciences and Engineering Scientific profession code: 4.14. Industrial Engineering and Management CERCS code: T455 Motors and propulsion systems Supervisors: Kaie Ritslaid Place and date: Tartu 2017			
The aim of the thesis was to find out can you use regular car motor oil as motorcycle motor oil. The tests on oil were conducted in laboratories of Institue Technology of Estonian University of Life Sciences. To get the answer for the question there were collected and analyzed literary material. On that note in the thesis there were pointed out the main standards and classifications for motor oils as they need to be environmentally and car friendly. In the laboratory the oils were tested for their density, viscosity, viscosity index, flash spot and pour point. The test methodology, how it was compared to the work is described fourth section and the fifth section presents the results and conclusions of a car motor oil is not suitable for motorcycle motor oil because these oils applications are different because of the motorcycle engine needs to be lubricated as well as a further clutch and gears, motorcycle engines often work faster and at higher temperatures. At the end of the thesis, there was pointed out how should common user should read the information from oil canister.			
Keywords: car engine oil, motorcycle engine oil, quality requirements			

# SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE .....	2
ABSTRACT .....	3
LÜHENDID JA TÄHISED .....	6
SISSEJUHATUS .....	7
1. MÄÄRDEÕLIDE TOOTMISTEHNOLOGIAD .....	8
1.1 Mootoriõlide mõiste ja töötingimused .....	8
1.2 Määrdeõlid naftabaasil .....	8
1.3 Sünteetilised määrdeõlid .....	10
2. SÕIDUUAUTODE, VEOKITE JA MOOTORRATASTE MOOTORIÕLIDE KLASSIFITSEERIMINE JA STANDARDISEERIMINE .....	11
2.1 Automootoriõlide SAE-viskoossusklassifikatsioon .....	11
2.2 ACEA Euroopa automootoriõlide klassifikatsioon .....	13
2.3 API- klassifikatsioon automootoriõlile .....	18
2.4 Mootorratta mootoriõlide JASO MA ja MB klassifikatsioonid .....	19
3. SÕIDUUAUTODE JA MOOTORRATASTE MOOTORIÕLIDE TÄHTSAMAD OMADUSED .....	21
4. UURIMISTÖÖ KATSEMEETODID JA -SEADMED .....	24
4.1 Katsetoodika kirjeldus .....	24
4.1.1 Tegevusloetelu kütustelaboris .....	24
4.2 Mootoriõlide kvaliteeti iseloomustavate parameetrite määramine .....	24
4.2.1 Tiheduse mõõtmine .....	24
4.2.2 Viskoossuse määramine .....	26
4.2.3 Hangumispunkti määramine .....	28
4.2.4 Viskoossusindeksi leidmine .....	28
4.2.5. Leekpunkti määramine .....	30

5. UURIMISTÖÖ TULEMUSED JA ARUTELU .....	31
5.1 Kütuselabori katsetulemused .....	31
5.1.1 Tiheduse mõõtmine ASTM D 1298 .....	31
5.1.2 Viskoossuse määramine ASTM D 445 järgi .....	31
5.1.3 Viskoossusindeksi arvutamine .....	32
5.1.4 Leekpunkti määramine .....	33
5.1.5 Hangumispunkti määramine .....	34
KOKKUVÕTE .....	43
KASUTATUD KIRJANDUS .....	45
SUMMARY .....	46
LISAD .....	47
LISA A. Mootoriõlide tähistus pakendil .....	48

# LÜHENDID JA TÄHISED

$\alpha$  (alfa) - tiheduse temperatuuri korrektuuri koefitsient

$\eta$  (eeta) - dünaamiline viskoossus-ehk absoluutne viskoossus, vedeliku voolamise takistuse mõõt.

$\rho$  (roo)- tihedus – ühetaolise aine mahuühiku mass kindlal temperatuuril

$v$  (nüü)- kinemaatiline viskoossus – vedelike omadus avaldada vastupanu tema osakeste vastastikusele liikumisele välise jõu toimet. Vedelike kihtide takistamist liikumisele põhjustavad molekulaartõmbejõud

ACEA – *Association des Constructeurs Européens d'Automobiles*- Euroopa Autoehitajate Liit

API- *American Petroleum Institut*- Ameerika Nafta Instituut

ASTM – *American Standardisation for Testing of Materials*- Ameerika Materjalide Katsekeskus

CEC – *The Co-ordinating European Council*- Koordineeriv Euroopa Ülemkogu

DI - *Direct Injection*-Otsene sissepritse

DI -*Diesel Engine* -Otsese sissepritsega diiselmootor

DPF - *Diesel Particle Filter*- diiselmootori kübemepüüdefilter

GPF - *Gasoline Particle Filter*- bensiinimootori kübemepüüdefilter

HTHS - *High Temperature High Shear Viscosity*-kõrge temperatuuri, kõrge nihkepinge viskoossus

*High Performance Passenger Car* – kõrge jõudlusegasõiduauto

JASO- *Japanese Engine Oil Standards Implementation Panel* – Jaapani

*Light Duty Van Gasoline*- kerge jõudlusega bensiinimootoriga sõiduauto

$\text{mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ , cSt - kinemaatilise viskoossuse ühikud

SAE- *Society of American Engyneering*- USA Autoinseneride Liit

SAPS- *Sulphated Ash, Phosphorus, Sulphur* - sulfaane tuhk, fosfor ja väävel

SFS- Saybolt'i furoolsekundid

SUS- Saybolt'i universaalsekundid

TWC - *Three – Way Catalyst*- kolme-teeline katalüsaator

Pa's (paskal sekund)- SI-süsteemi dünaamilise viskoossuse ühik

P (puaas)- CGS süsteemis dünaamilise viskoossuse ühik

## SISSEJUHATUS

Mootoriõlid on väga laialdase kasutamisega määrdeained mitmetes eri liiki mootorite õlitussüsteemides. Mootoriõlid peavad täitma väga mitmesuguseid ülesandeid: vähendada hõõrdumist liikuvate pindade vahel, vähendada detailide kulumist, jahutama detaile, tihendada lõtkusid, kaitsma detaile korrosiooni eest, kõrvaldama kulumis- ja saastumisproduktid. Kuna mootoriõlide töötingimused on erinevates mootorites ja muutuvates ilmastikuoludes erinevad, siis peavad nad täitma karme nõudmisi: peavad olema hea määrimisvõimega, termiliselt stabiilsed, omama head pesemisvõimet, viskoossus peab võimalikult vähe sõltuma temperatuurist, ei tohi tekitada korrosiooni, hangumistemperatuur peab olema madal, leekpunkt kõrge, tuhasisaldus ei tohi olla suur, ei tohi sisaldada vett ega mehaanilisi osiseid. Samasugustele nõuetele peaksid vastama käesolevas töös analüüsitud mootoriõlid.

Valminud töö eesmärgiks oli uurida, kas automootori õli sobib mootorratta mootoriõliks. Töö teema kerkis üles seoses Lõuna-Eesti õlide müügifirmas ostjate sagedasti esitatud küsimusega: „Kas ma ei või oma mootorrattaõlina odavamalt automootoriõli kasutada?“ Kütustelaborisse toodi analüüsiks Castrol EDGE TITANUM FST TM täissünteetiline automootoriõli ja MOTUL 300 V 4-taktiline estrite baasil valmistatud 100% sünteetiline mootorratta mootoriõli.

Küsimusele vastamiseks tuli esiteks anda kirjanduse ülevaade auto ja mootorrataste mootoriõlide saamise, omaduste ja kvaliteedinäitajate kohta. Teiseks määrata laboratoorselt määrdeõlide kvaliteedinäitajaid ja teha kokkuvõtte näitajate vastavuse kohta standardites esitatud nõuetele. Kolmandaks võrrelda auto ja mootorratta mootoriõli omadusi ja põhjendada, miksei saa kasutada auto mootoriõli, mootorratta mootoriõlina.

Käesolev bakalaureusetöö koosneb viiest peatükist. Esimeses peatükis tutvustatakse määrdeõlisid ja nende tootmistehnoloogiaid. Teises peatükis käsitletakse mootoriõlide klassifitseerimist ja standardiseerimist. Kolmandas tutvustatakse mootoriõlide kvaliteediparameetreid. Neljandas peatükis tuuakse ära katsemeetodeid ja –seadmeid ning viiendasesitatakse katsetetulemused ja tehakse järeldused.

Katseõlide parameetrite mõõtmised teostati Eesti Maaülikooli tehnikainstituudi kütustelaboris.

# 1. MÄÄRDEÕLIDE TOOTMISTEHNOLOOGIAD

## 1.1 Mootoriõlide mõiste ja töötingimused

Määrdeõlised, mis on ette nähtud kasutamiseks sisepõlemismootorite karterites, nimetatakse mootoriõlideks ehk karteriõlideks. Need on seega määrdeõlid, mida kasutatakse sisepõlemismootorite õlitamiseks. Uute paremate mootori konstruktsioonidega ja uute mootorimaterjalidega muutub õlitamine üha tähtsamaks. Nüüdisaja mootoritel on spetsiifiline töövõime ja nad on sellele vastavalt dimensioneeritud. Nende silindriseinte ja -peade paksust on tunduvalt vähendatud, kolvid on lühemad ja kergemad, kolvirõngad õhemad, kepsud ja kolvisõrmed on peenemad ning laagrid väiksemad. Sellega tõuseb koormus kõikidele detailidele, mistõttu mootoriõli temperatuur tõuseb isegi üle 130 °C, kusjuures on mõõdetud ka juba 170°C rekord. Sellises kuumuses esitatakse mootoriõlidele ekstreemsed nõuded. Seisvas mootoris langeb mootoriõli temperatuur välisõhu temperatuurini ja võib külmal ajal olla mitukümmend kraadi alla 0°C. Mootori töötamisel puutub mootoriõli kokku põlemissaaduste, hapniku ja metallidega, mille tulemiks on mitmesugused keemilised reaktsioonid, eeskätt mootoriõli oksüdeerumine ja õlis sisalduvate süsivesinike termiline lagunemine. Mootoriõlisse võivad sattuda ka kõikvõimalikud saasteained nagu tolm, liiv, vesi, põlemata mootorikütus või selle põlemisjääd. Määrdeaineta töötades muutuvad kiiresti kõlbmatuks ka nukkvõll ja klappide juhtpuksid, sulavad välja laagrid ning tugev kloppimine annab teada, et mootor on kõlbmatuks muutunud. Et mootoriõlid kirjeldatud tingimustes oma ülesandeid võimalikult hästi ja kaua täidaksid, peavad nad vastama teatud nõuetele.

Põhinõuete täitmiseks peavad mootoriõlid olema: 1) töötingimustele vastava viskoossusega, 2) termiliselt ja keemiliselt stabiilsed, 3) hea õlitamisvõimega, 4) heade korrosioonitõrje omadustega, 5) vabad veest ja tahketest osistest.

Mootoriõlid, mis täiel määral rahuldaksid esitatud nõudeid, tuleks lugeda ideaalseteks. Kahjuks niisuguseid mootoriõlised, mille omadused tööprotsessis üldse ei muutu, pole olemas. Seepärast tuleb mootoritele valida sellised õlid, mille omadused kasutamisel väga vähe muutuksid ja mis võimalikult kauem hoiaks mootori heas tehnoseisundis.[1]

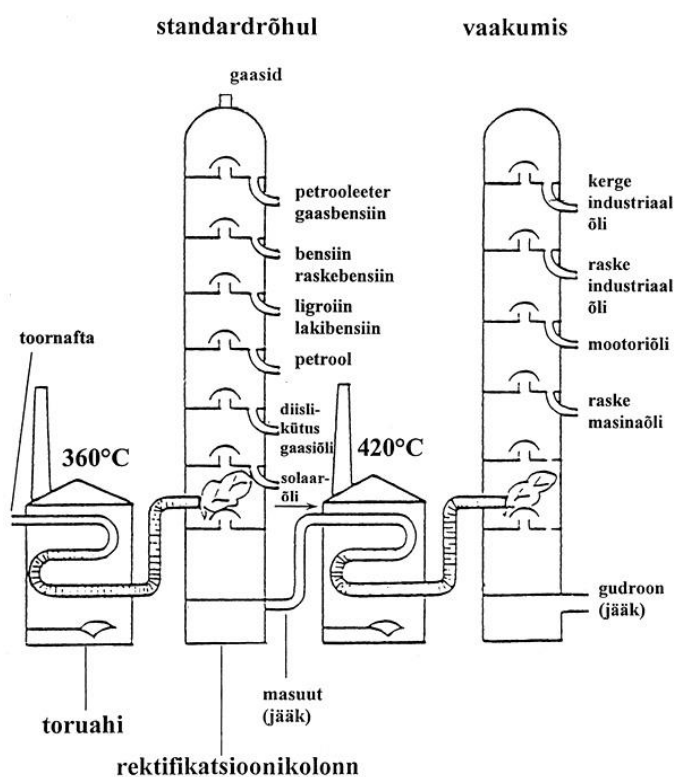
## 1.2 Määrdeõlid naftabaasil

Määrdeõlid ja tehnilised vedelikud, mis leiavad nüüdisaja tehnikas igapäevast kasutamist, nimetatakse vedelateks määrdeaineteks. Nende ülesanneteks on hõõrdepindade jahutamine,



lõtkude tihendamine, kulumisproduktide eemaldamine, korrosioonitõrje, kuid nende peamiseks ülesandeks on hõõrdesõlmede hõõrdumise ja kulumise vähendamine.

Nafta paikneb maapõues mineraalsetes ladestustes (organismide kivistunud jäänustes) ehk naftakollektorites. Nafta töötlemise saadusi kutsutakse mineraalõlideks, mis on suure molaarmassiga süsivesinike vedelad segud, milles mineraalainete sisaldus on tegelikult lubamatu. Nende õigem nimetus oleks naftaõlid, kuid maailmas on kokkulepitud mõisteks mineraalõlid. Mineraalbaasõlid, mis on määrdeõlide tootmise alusõlideks, saadakse masuudi vaakumdestillatsioonil ja sellele järgneval rafineerimisel ehk puhastamisel. Mineraalõli fraktsioonid koosnevad süsivesinikest, mis olenevalt nafta päritolust võivad sisaldada alkaane (parafiinsed süsivesinikud), tsükloalkaane, alkeene ja areene. Mineraalõli fraktsioonide rafineerimisel toodetud komponendid segatakse ja saadakse baasõlid, millele lisatakse mitmesuguseid manuseid, et moodustuks teatavate kindlate omadustega mineraalõlidepõhine määrdeõli. Mineraalõlised on kasutatud määrdeainetena juba üle saja aasta. Saamisviisilt jaotatakse mineraalõlid destillaat-, jääk- ja segaõlideks. Mineraalõlidest on suurim õlitamisvõime jääkõlidel ja väikseim destillaatõlidel. Praktikas kasutatakse sageli mehhanismide õlitamiseks mineraalõlised.[1]



**Joonis 1.1** Nafta destillatsiooni lihtne skeem [2]

### 1.3 Sünteetilised määrdeõlid

Määrdeõlisid, mis on saadud keemiliste reaktsioonide tulemusena, nimetatakse sünteesõlideks. Need on mõeldud töötama tingimustes, kus tavalise nafta baasil toodetud õli võimed jäävad piiratuks. Struktuurilt on tegemist ühe kindla aine molekulidega, millele võib olla lisatud veel vastavate omaduste parendamiseks manuseid. Sünteesõlisid valmistatakse alkeenidest, ränioorgaanilistest ühenditest või looduslike õlide keemilisel töötlemisel. Sünteesõlide manuste koostis luuakse arvestades õlide sobivuse spetsiifikat manuste suhtes, samuti manuste lahustuvust sünteesõlides. Saadaval on sadu sünteesmäärdeõlisid. Üldjuhul ei tohi segada sünteesmäärdeaineid omavahel ega naftapõhiste õlidega, sest võib toimuda tõsine komponentide kahjustus. Sünteesõlide eelised mineraalõlide ees:

- 1) alkaanide puudumise tõttu on sünteesõlid kasutatavad ekstreemselt madalatel temperatuuridel näiteks kosmoses, külmutusseadmetes jne;
- 2) võimalik kasutada kõrgtemperatuuridel (mootorites), naftast toodetud õlide kasutustemperatuur on ligikaudu 320 °C, üle selle baasõli laguneb ja koksistub
- 3) kõrgtemperatuuridel on parem oksüdatsioonistabiilsus, mistõttu on väiksem setete ja hapete teke;
- 4) stabiilsem viskoossusindeks, mis võimaldab kasutada erinevatel temperatuuridel;
- 5) on ressursisäästlikumad;
- 6) võimaldab pikemaid õlivahetusvälpu.

Sünteesõlide puudused:

- 1) sünteesõlid on kallimad, hinnad ületavad mitmekordselt mineraalõli maksumuse;
- 2) paljud sünteesõlid ei sobi kokku teatud tihendusmaterjalidega ja võivad nõuda tihendite, mansettide, voolikute ning värvide asendamist.

Sünteesmäärdeõlisid kasutatakse kolb- ja gaasiturbiinmootorites, kompressorites, peenmehaanikas, reduktorites, isoleer- ja konserveerimisõlide saamiseks jne. Iga liik toimib erilisel viisil ja loodud spetsiifilisel eesmärgil.[1]

## **2. SÕIDUUAUTODE, VEOKITE JA MOOTORRATASTE MOOTORIÕLIDE KLASSIFITSEERIMINE JA STANDARDISEERIMINE**

### **2.1 Automootoriõlide SAE-viskoossusklassifikatsioon**

Mootoriõli koosneb reeglina ühest või mitmest baasõlist ja reast manustest, mis mootoriõli omadusi kindlates valdkondades teevad paremaks. Baasõlid valmistatakse rafineerimistehastes, manused valmistatakse väikese arvu tootjate poolt vastavalt kindlatele eeskirjadele ja nõuetele. Juhtivate õlitootjate mootoriõlisisid võib usaldusväärseks pidada, sest neid on põhjalikult testitud.

Mootori ja selle tehnika arenguga, ehitatakse tänapäeva mootorite osad väikese tolerantsiga ja need peavad aastaringselt väga ekstreemselt erinevates tingimustes töötamalaitmatult, mille korrapärase töö tagamiseks on hea õlitus. Et kõigile nendele tingimustele mootoriõli vastu peaks, ei ole seda kerge välja töötada ja toota. Sellist olukorda meeles pidades töötas USA Autoinseneride Liit - SAE (*Society of American Engyneering*) välja mootoriõlide viskoossuste eeskirjad, mis on praeguseks globaalselt kasutusel. Viskoossuselt SAE-klassifikatsioonis jagunevad mootoriõlid talve-, suve- ja aastaringseteks mootoriõlideks. Ülemaailmselt on talvised mootoriõlid liigitatud viskoossuse järgi SAE-klassifikatsiooni, kus mootoriõlid jagunevad kuude klassi: SAE 0W, SAE 5W, SAE 10W, SAE 15W, SAE 20W, SAE 25W. Tähisega W (*winter*) tähistatakse talviseid mootoriõlisisid. Nendel talvistel mootoriõlidel on kindlaks määratud minimaalne kinemaatiline viskoossuse väärtus 100 °C juures. Lisaks on talvistel mootoriõlidel normitud kaks maksimaalselt lubatava dünaamilise viskoossuse väärtust, mille puhul on võimalik mootori külmkäivitus ilma eelsoojendusega ja rahuldav pumbatavus õlitussüsteemis mootori käivitamisel.

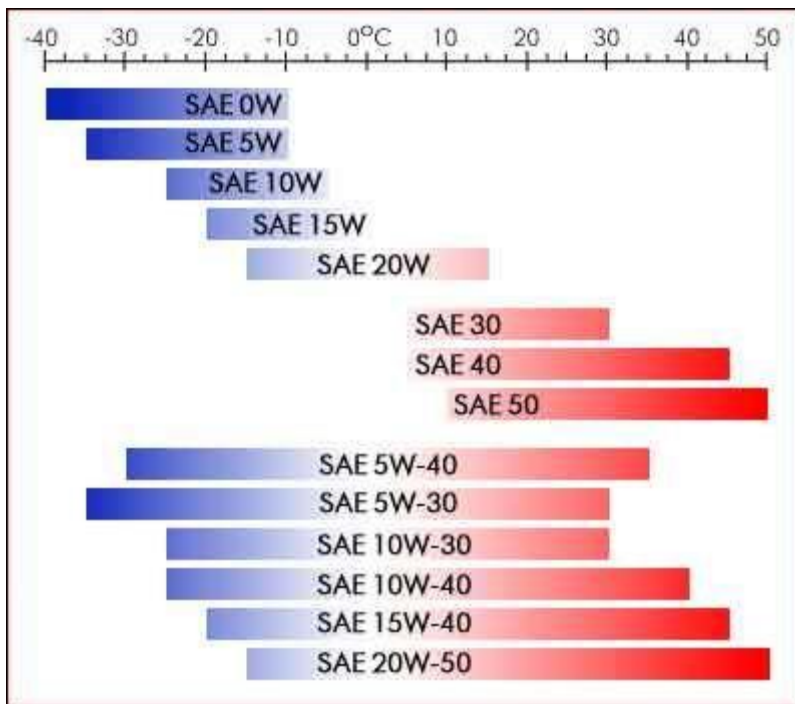
Suviste mootoriõlide kaheksaks SAE-viskoossusklassideks on: SAE 8, SAE 12, SAE 16, SAE 20, SAE 30, SAE 40, SAE 50 ja SAE 60. Suvistele mootoriõli SAE-klassidele on minimaalsed dünaamilised viskoossuse väärtused kehtestatud 150 °C juures. Sellised tingimused on iseloomulikud autode suvisel käivitamisel silindriseina ja kolvirõnga vahel või vāntvõlli laagrites, kui mootor on kuumenenud jahutusvedeliku ja õli töötemperatuurini.

Aastaringsed mootoriõlid peavad vastama nii suvisele- kui ka talvisele SAE – viskoossusklassile (tabel 2.1), hõlmates seejuures mitmeid viskoossusklasse, mille arvu ei

piirata. Kusjuures aastaringsetel õlidel näidatakse enne ära talvine klass, näiteks 10W-40 ja siis suvine. Arv 10 koos tähega W tähendab, et miinustemperatuuridel käitub mootoriõli nii nagu talveõli SAE 10W ja arv 40 tähendab, et kõrgematel temperatuuridel käitub õli nii nagu suveõli SAE 40 (joonis 2.1).[3]

**Tabel 2.1** Mootoriõlide klassifikatsioon viskoossuse järgi vastavalt standardile SAE J300 jaanuar 2015[4]

	ASTM D5293 CCS	ASTM D4684 MRV	ASTM D445		ASTM D4683 või CEC L-36-A-90
SAE viskoosus- klass	Max viskoossus madalal temperatuuril, mPa·s (cP)	Max viskoossus mPa·s (cP) ja pumbatavuse piirtemperatuur °C	Kinemaatiline viskoossus 100 °C juures mm <sup>2</sup> /s (cSt)		HTHS min viskoossus mPa·s (cP) 150 °C juures
			Min	Max	
0W	<b>6200</b> -35 °C juures	<b>60000</b> -40 °C	<b>3,8</b>		
5W	<b>6600</b> -30 °C juures	<b>60000</b> -35 °C	<b>3,8</b>		
10W	<b>7000</b> -25 °C juures	<b>60000</b> -30 °C	<b>4,1</b>		
15W	<b>7000</b> -20 °C juures	<b>60000</b> -25 °C	<b>5,6</b>		
20W	<b>9500</b> -15 °C juures	<b>60000</b> -20 °C	<b>5,6</b>		
25W	<b>13000</b> -10 °C juures	<b>60000</b> -15 °C	<b>9,3</b>		
8			<b>4</b>	<b>&lt;6,1</b>	<b>1,7</b>
12			<b>5</b>	<b>&lt;7,1</b>	<b>2,0</b>
16			<b>6,1</b>	<b>&lt;8,2</b>	<b>2,3</b>
20			<b>5,6</b>	<b>&lt;9,3</b>	<b>2,6</b>
30			<b>9,3</b>	<b>&lt;12,5</b>	<b>2,9</b>
40			<b>12,5</b>	<b>&lt;16,3</b>	<b>2,9</b> (0W- 40;5W-40; 10W-40)
40			<b>12,5</b>	<b>&lt;16,3</b>	<b>3,7</b> (40;15W-40;20W-40;25W-40)
50			<b>16,3</b>	<b>&lt;21,9</b>	<b>3,7</b>
60			<b>21,9</b>	<b>&lt;26,1</b>	<b>3,7</b>



**Joonis 2.1** SAE mootoriõlide viskoossusklasside vahemikud välisõhu temperatuurist sõltuvalt [5]

SAE klassifikatsioon ei näita toote kasutusala ega õli kvaliteeti, vaid üksnes kirjeldab viskoossust. Et õiget mootoriõli valida, tuleb jälgida, millist viskoossusvahemikku soovib mootori valmistanud firma. Väheviskoosne on alati viskoossuselt parim mootoriõli, sellest tuleb ka suunitlus väikestele viskoossustele, nagu SAE 5W-30, SAE 5W-20, SAE 0W-20.[5]

## 2.2 ACEA Euroopa automootoriõlide klassifikatsioon

ACEA on Euroopa autotootjate ühendus, mis esindab Euroopa ning ka mõnede USA veo- ja sõiduautode tootjate huvisid. ACEA tegevusaladeks on välja töötada suur hulk regulatsioone, millesse kuuluvad ohutus, keskkond, eeskirjad, juhised ning ka klassifikatsioonid määrdeainetele, millel on otsene mõju Euroopa autotööstusele, mootorikütustele ja määrdeainetele ning üldse elukvaliteedile ja keskkonnale. ACEA klassifikatsioon on nõue mootori- ja õlitootjate koostööle, et oleks täidetud kvaliteedinõuded Euroopa uutele bensiini- ja diiselmootoritele.

ACEA:2016 klassifikatsiooni järgi jaotatakse mootoriõlid allpool esitatud klassidesse, mille igas klassis on kategooriad, mis kajastavad erinevaid jõudlusnõudeid. A/B- tüüpi õlid on SAPS (*Sulphated Ash, Phosphorus, Sulphur*) tüüpi õlid. Bensiini- ja kergkoormatud diiselmootoriõlile on A/B tüüpi klass.

A1/B1–kategooria eemaldati õlide järjestusest. A3/B4 - nõuetele vastav õli, mida iseloomustab stabiilsus ja viskoossuse säilitamine, mis on ette nähtud kõrge jõudlusega bensiini ja otsese sissepritsega CDI diiselmootoritele.

A5/B5 - on mõeldud kasutamiseks pikendatud õlivahetusvälbaga, on viskoossust säilitav, mõeldud võimsamatele ottomootoritele ning diiselmootoritele (sõiduaudod ja kaubikud), milles võib kasutada vähese hõõrdumisega, väheviskoosset mootoriõli. Igas mootoris seda õli kasutada ei tohi. Kasutamise õiguse annab automootoritootjakäsiraamat.

ACEA teine klass on C-tüüpi õlid, mis on vähese SAPSiga kergkoormatud diisel- ja bensiinimootoritele, mis on varustatud katalüüsjärelpõletitega. Lühend SAPS tuleneb inglisekeelsete sõnade *Sulphated Ash*, *Phosphorus* ja *Sulphur* esitähtedest. Jagunevad:

1) SAPS: *Sulphated Ash*, *Phosphorus*, *Sulphur*; 2) *Lowest SAPS* (SA <0,5%); 3) *Low SAPS* (SA = 0,5%); 4) *Mid SAPS* (SA = 0,8%).

C- tüüpi klass, mis on vähese SAPSiga, kergkoormatud diisel- ja bensiinimootorid, mis on varustatud katalüüsjärelpõletitega. C1 - stabiilsed õlid, mis on ettenähtud kasutamiseks veokites, millel on diislikübemefilter ehk tahmafilter (DPF) ja kolmetoimeline katalüsaator (TWC) ja mille mootorid on suure võimsusega kergetele kaubikutele ning sõiduaudodele ja bensiinimootoritele, mis vajavad vähest hõõrdumist, viskoossust ja kõige madalama SAPSiga (*lowest* sulfaatse tuha, P, ja S sisaldusega) minimaalse HTHS viskoossusega 2,9 mPa·s. Need mootoriõlid tõstavad DPF ja TWC kasutusega ja säilitab sõiduki kütuse ökonoomsust.

C2 - sobivad samadesse mootoritesse nagu C1, kuid need õlid on keskmise (*mid*) SAPSiga ja vajavad minimaalset HTHS viskoossust 2,9 mPa·s.

C3 ja C4 - need õlid toimivad nagu C2, kuid nende HTHSV minimaalne sisaldus peab olema 3,5 mPa·s. C3 õlid on keskmise (*mid*) SAPSiga õlid, C4 on madala (*low*) SAPSiga õlid. C tüüpi mootoriõlide osatähtsus on pidevas kasvujoones.

C5 - keskmise (*Mid*) SAPSiga mootoriõlid, täiustatud väiksema kütusekulu saavutamiseks ning mis on mõeldud kasutamiseks katalüsaatoriga, pikema õlivahetusvälbaga, kõigile sõidukitele, millel on kaasaegsed järeltöötlussüsteemid ja kõrge jõudlusega sõidukitel ning kaubikutele, millel on otsese sissepritsega diiselmootor. Õlid on mõeldud kasutamiseks madala viskoossusega ja miinimum HTHS viskoossus on 2,6 mPa·s.

MadalaSAPS mootoriõlide kasutamist nõuavad just kaasaegsed sõidukid. Madala SAPSiga mootoriõli on õli, mis sisaldab väheses koguses sulfaattuhka, fosforit ja väävlit. Sellepärast, et sellised õlid tekitavad vähe tuhka, nimetatakse neid kamadala tuhasusega (*Low ash*) õlideks. Nõue kasutada kaasaegses mootoriõlis vähem tuhka tekitavaid manuseid võib kõlab küll lihtsalt, kuid tegelikult on sellise mootoriõli arendamine igale määrdeainetootjale tõsine väljakutse.

E-klass, mis on mõeldud raskkoormatud diiselmootorite õlideks, jaguneb nelja kategooriasse: E4, E6, E7 ja E9.

E4 – stabiilne õli, mis hoiab kolvid ja hülsid tahmast puhtana, hoiab mootorikulumisest, sest sisaldab määrimise stabiilsust hoidvaid manuseid. Soovitatakse kõrgelt koormatud veokite diiselmootoritele, mis läbivad Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV ja EuroV emissiooninõuded ja sõidavad väga rasketes tingimustes, näiteks pikendatud õlivahetus-välbagamootoritootjate soovitude järgi. On sobiv mootoritesse, mis on ilma kübemefiltriteta ja mõnedesse EGR (*Exhaust Gas Recirculation*) mootoritesse ja mõnedesse diiselmootoritesse, mis on kohaldatud SCR (*Selective Catalytic Recirculation*) ehk valikulise katalüütilise heitgaaside vähendamise NOx reduktsiooni süsteemidega;

E6 -head stabiilsed õlid, mis on nõuetele vastavad, hoiavad kolvi ja hülsid väga puhtana, sisaldavad manuseid, mistakistavad mootoridetailide kulumist, tahma ja nõeteket, säilitavad mootori määrimise stabiilsuse. Soovitatakse kõrgelt koormatud diiselmootoritesse, mis läbivad Euro I, kuni EuroVI emissiooninõuded. On kasutatavad EGR mootorites, mis on kübemefiltriteta või nende olemasoluga. Sobivad veel mootoritesse, mis on kohaldatud SCR (*Selective Catalytic Recirculation*) NOx reduktsiooni süsteemidega;

E7 - stabiilsed õlid, mida soovitatakse kasutada kiiretes ja raskelt koormatud võimsates diiselmootorites, mis läbivad Euro I kuni EuroV emissiooninõuded ja sõitmine väga erinevates tingimustes. Neid mootoriõlisid saab kasutada mootorites ilma kübeme filtriteta ja enamikele EGR ja SCR NOx reduktsiooni süsteemidega;

E9- klassi mootoriõlid, mida iseloomustab viskoossuse ja stabiilsuse püsivus, hoiavad erakordselt hästi kolvi puhtust. Soovitatakse kõrgelt koormatud, kiirekäigulistes võimsates diiselmootorites, mis läbivad Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV ja EuroV, Euro VI emissiooninõuded ningsoovitatakse sõitmiselkarmides tingimustes. Mootoriõli E9 on kasutatav mootoritele koos kübemefiltriga või ilma kübeme filtriteta ja enamikele EGR ja SCR NOx reduktsiooni süsteemidega.E9 mootoriõli on rangelt ettenähtud mootorites, mis

on kohaldatud veokitele, millele on paigaldatud kübemefiltrid ja kasutavad diislikütust, mis on madala väävlisisaldusega (väävlivaba, S- sisaldus max 10 mg/kg kohta).

ACEA klassifikatsioon nõuab mootoritootjalt koos õlitootjatega, et oleksid täidetud korrektselt kõik kvaliteedinõuded (tabel 2.2) Euroopa uutele bensiini- ja diiselmootoritega sõidukitele. ACEA rõhutab mootoriõlide säästlikkust. Siin järjestus ei tähenda paremust. Näiteks C1 kategooria mootoriõli on parem C4 mootoriõlist, keskkonnaprobleemidest lähtuvalt.[6]

**Tabel 2.2** Mootoriõlide ACEA 2016 nõuded[6]

REQUIREMENT	TEST METHOD	PROPERTIES	UNIT	LIMITS		
				A3/ B3-16	A3/ B4-16	A3/ B5- 16
<b>2. ENGINE TESTS</b>						
<b>2.1 Gasoline DI Engine Cleanliness</b>	CEC L-111-16 (EP6CDT)	Piston Cleanliness  Turbo Charger Deposits**, average value of zones C, D, E & F	Merit  Merit			
<b>2.2 * Low temperature sludge</b>	ASTM D6593-00 (Sequence VG) Under protocol & requirements for API	Average engine sludge Rocker cover sludge Average Piston skirt varnish Average engine varnish Comp. Ring (hot stuck) Oil screen clogging	merit merit merit merit  %	$\geq 7.8$ $\geq 8.0$ $\geq 7.5$ $\geq 8.9$ none $\leq 20$		
<b>2.3 Valve train scuffing wear *</b>	Daimler M271					
<b>2.4 * Black sludge</b>	CEC L-093-04 (DV4TD)  To be replaced by	Engine sludge, average	merit	$\geq RL 140 + 4\sigma$		



	<b>DV6C</b>				
<b>2.5 * Fuel economy</b>	CEC L-054-96	Fuel economy improvement vs.	%	- - -	≥ 2,5

**Tabel 2.2 Jätk**

<b>2.6DI Diesel Oil Dispersion at Medium Temperature</b>	CEC L-106-16 (DV6C)	Absolute viscosity increase at 100oC and 5,5 % soot Piston	mm2/s merit	≤0.9 x RL248 ≤2.5		
<b>2.7 * Wear</b>	CEC L-099-08 (OM646 LA)	Cam wear outlet (avg. max. wear 8 cams) Cam wear inlet (avg. max. wear 8 c.) Cylinder wear (avg. 4 cyl.) Bore polishing (13 mm) - max. value of 4 cylinders Tappet wear inlet (avg. max. wear 8 cams) Tappet wear outlet (avg. max. wear 8cams) Piston cleanliness (avg. 4 pistons) Engine sludge avg.	μm μm μm % μm μm merits merits	≤ 120 ≤ 100 ≤ 5.0 ≤ 3.0 report report report report	≤ 140 ≤ 110 ≤ 5.0 ≤ 3.5 report report report report	≤ 120 ≤ 100 ≤ 5.0 ≤ 3.0 report report ≥ 12 ≥ 8,
<b>2.9 * DI diesel Piston cleanliness &amp; Ring sticking</b>	CEC L-078-99 (VW TDI)	Piston cleanliness Ring sticking (Rings 1 & 2) Average of all 8 rings Max. for any 1 <sup>st</sup> ring Max. for any 2 <sup>nd</sup> ring EOT TBN (ISO 3771) EOT TAN (ASTM D 664)	merit ASF ASF ASF mgKOH/g mgKOH/g	≥ RL206 minus 4 points ≤ 1.2 ≤ 2.5 0.0 ≥ 4.0 Report	≥ RL206 ≤ 1.0 ≤ 1.0 0.0 ≥ 6.0 Report	≤ 1.0 ≤ 1.0 0.0 ≥ 4.0 Report

<b>2.10 *</b> <b>Effects of Biodiesel</b>	CEC L-104	Piston Cleanliness Ring Sticking Sludge	Merits ASF Merits		Report Report Report
--	-----------	---	-------------------------	--	----------------------------

## 2.3 API- klassifikatsioon automootoriõlile

Ülemaailmselt on kasutusel veel Ameerika Naftainstituudi API-klassifikatsioon mootoriõlile. API-klassifikatsioon nõuab, et õli oleks läbinud kindlaks määratud katsed enne klassi määramist. Kuigi see on peamiselt suunatud käsitlema Ameerika mootorite ja sõiduvahendite nõudeid. Nõudeid tänapäeva moodsate mootorite karmimate tingimuste tõttu pole mitte ainult kõrgendatud, vaid on ka juurde lisatud palju uusi nõudeid nagu näiteks mootorite ökonoomsusega, keskkonnaprobleemidega, hooldusega ja ressursisäästlikkusega seotud nõuded. Kuigi aastatega on selle klassifikatsiooni tähistust muudetud, siis tänapäeval on kasutusel aastast 1980 API 1509, milles mootoriõlide kasutusklasside tähistatakse tähtedega (tabel 2.3).

**Tabel 2.3** API 1509 mootoriõlide kasutusklassid [7]

Ottomootoriõlide klassid	Diiselmootoriõlide klassid
SA*	CA*
SB*	CB*
SC*	CC*
SD*	CD*
SE*	CD2*
SF*	(CD+)*
SG*	CE*
SH*	CF*
SJ	CF-4*
SL	CF-2*
SM	CG-4*
SN	CH-4
SO	CI-4

	CI4 Plus
	CJ-4

Märkus: tärniga (\*) tähistatud on aegunud mootoriõlide klassid

Antud tabelis näitab esimene täht kategooriat ehk mootorit, milles antud õli sobib kasutada: S (*spark ignition* ehk sädesüüde) näitab bensiinimootorit, mis tähendab mootoriõli kasutatakse sõidukite bensiinimootorites; C (*compression ignition* ehk kompressioonsüüde) näitab diiselmootorit, see tähendab mootoriõli kasutatakse veo-, sõidu-, metsaveo-, põllutööautode diiselmootorites. Teine täht määrab ära mootoriõli kvaliteedi ja võimsuse ning näitab, kus võib seda kasutada. Seega tähed määravad ära kasutusklassi ja keerukusastme, mida iseloomustab selle klassi spetsifikatsioon. Mootoriõli, mida saab kasutada mõlemas mootoriliigis märgitakse kahetäheliselt ehk näiteks CI-4/SM. Aegunud mootoriõlide klassid on veel kättesaadavad vanemate ja klassikaliste sõidukite jaoks.

Tänapäeval kasutuses olevate õliklasside puhul on arengu üheks peamiseks mõjuteguriks olev diislikütuse väävlisisalduse vähendamine ja emissioonikontrolli vormid. Ning veel olulisemaks faktoriks on diiselmootoriõlide ressursisäästlikkus.[8]

## 2.4 Mootorratta mootoriõlide JASO MA ja MB klassifikatsioonid

JASO sai alguse tänu Jaapani pikaajalise kogemuse tekkimisena kahe- ja neljataktiliste mootorrataste tootjana. Tänapäeva mootorratastel tavaliselt sama õli õlitab nii mootorit kui ka sidurit ja ülekandeid. Tänu sellele tavalised mootoriõlid, mis vähendavad ainult hõõrdumist, ei ole sobivad selleks tööks. Et olla kindel, et kasutuses oleks õige õli, mootorratta tootjad kasutavad õli, mis vastavad JASO standarditele. Mootoriõli, mis peab vastama JASO T 903 standarditele, saab jagada nelja klassi: JASO MA, JASO MA1, JASO MA2 ja JASO MB (Tabel 2.4). See klassifikatsioon baseerub standardi JASO T 904 sidurisüsteemi hõõrdekatsetele. Et mootoriõli vastaks nendele standarditele, peab see vastama vähemalt ühele järgmistele kvaliteedinõuetele: 1) API SG, SH, SJ, SL, SM; 2) ILASC GF-1, GF-2, GF-3; 3) ACEA A3/B3, A3/B4, A5/B5, C2, C3.

Jaapani mootorrataste tootjad leidsid, et nõuded õlidele mida seab API TC, on liiga logisevad. Mootoriõlid, mis olid toodetud vastavalt API TC standarditele, eraldasid heitgaase liiga palju ja ei suutnud ära hoida heitgaaside blokeerimist. Sellest lähtuvalt töötas JASO välja järgmiseid nõudeid mootoriõli kvaliteedi määramiseks. JASO M345 määratleb

järgmised kahetaktilised ottomootoriõli kvaliteediklassid: 1) JASO FA - praeguseks kehtetud, kuid mõeldud kasutamiseks kahetaktilistes mootorites, mison keskmise määrdetõimega;

2) JASO FB - kahetaktilistes mootorites kasutatav mootoriõli, rahuldab minimaalseid nõudeid ja on suurema määrimisvõimega kui FA mootoriõlid;

3) JASO FC - samuti kahetaktilistes mootorites kasutatav mootoriõli, enamjaolt samad kui FB, kuid on suurema suitsu ja heitgaasi blokeerimisega õlid;

4) JASO FD - õli on suitsu- ja tahmavaba, kõige kõrgemate nõudmistega ja tänu sellele on mootori kulumine minimaalne.

Oksüdatsioonilist stabiilsust saab tõsta aditiividega. Termiline stabiilsus ehk *cracking* ja lagunemine kõrgetel temperatuuridel on baasõlide peamine omadus, mida oluliselt hiljem manustega enam tõsta ei saa. Muret tekitavaks asjaoluks on, madalama hõõrdumise- ja viskoossusega 4-taktilised mootoriõlid, mis peavad tagama väiksema kütusekulu sõiduautodel, aga mootorratastel võivad tekitada siduri libisemist ja kehva käiguvahetamist.[10]

**Tabel 2.4** Nelja-taktiliste bensiinimootoritega mootoriõlile esitatud füüsikalise-keemilised nõuded JASO T903:2011 järgi [9]

Test item	Performance criteria	Test procedure
Sulfated ash mass %	1.2 max.	JIS K 2272
Phosphorus content mass %	$\geq 0.08$ and $\leq 0.12$	JPI-5S-38
Evaporative loss mass %	20 max.	JPI-5S-41
Foaming tendency Sequence I (foaming/settling) Sequence II mL Sequence III	10/0 max. 50/0 max. 10/0 max.	JIS K 2518 <sup>1)</sup>
Shear stability (Kinematic viscosity (100°C) after the test) mm <sup>2</sup> /s	xW-30: 9.0 min. xW-40: 12.0 min. xW-50: 15.0 min.	ASTM D6278
High temperature high shear viscosity mPa·s	2,9 min.	JPI-5S-36

### 3. SÕIDUAUTODE JA MOOTORRATASTE MOOTORIÕLIDE TÄHTSAMAD OMADUSED

Alles eelmisel sajandil oli aeg, kui mootoriõli omadusi ja kvaliteedinäitajaid väga oluliseks ei peetud. Ehk õli oli õli ja sellega kõik piirduski. Tänapäeval on arusaam sellest muutunud. Mootoriõli õlitusomadused on väga tähtsad ning neid arendatakse pidevalt, et mootori eluiga pikendada ja keskkonda säästa. Mootoriõlide tähtsamad omadused on alljärgnevad: 1) viskoossused ( $\nu$ ,  $\eta$ , SAE, SUS, SFS jt) ja viskoossusindeks – VI, 2) määrimisvõime, 3) stabiilsus (oksüdeeritavus), 4) leektemperatuur (leekpunkt) ja süttimistemperatuur, 4) hangumistemperatuur ehk hangumispunkt, 5) tuhasus, 6) koksistuvus/koksiarv, 7) korrosiivsus. Lisaks laborikatsetustel määratavad ekspluatatsioonilised nõuded on: keemiline ja termiline stabiilsus, lenduvus, tuhasus ja sulfaatne tuhasus, metallide sisaldus, vahutavus, pesemisvõime, tihedus, sobivus elastomeeridega, hõõrdeteguri stabiilsus, tahkete osiste ja veesisaldus, mootorikütuste kokkuhoid (sääst), sadestised mootoris, kolvirõngaste liikuvus ja kolvi puhtus.

Määrdeõlide tähtsaim omadus on voolavuse vastandomadus, viskoossus e sisehõõrdumine. Viskoossus tuleneb ladinakeelsest sõnast *viscosus* - kleepuv. Määrdeõlide viskoossus on tema vastupanuvõime voolamisele, mis on tingitud molekulide sisehõõrdumisest. Mootoriõlil eristatakse tavaliselt kinemaatilist ( $\nu$ ) ja dünaamilist ( $\eta$ ) viskoossust, eriviskoossust (nt SUS ja SFS sekundid). Õlisuurem viskoossus soodustab libisemist, takistab metalliosakeste kaasahaaramist, takistab hapniku sattumist metallidesse. Viskoosne mootoriõli voolab raskelt ja aeglaselt (on kõrge viskoossusega). Mootoriõlide põhiülesanne on vähendada hõõrdumist ja kulumist. Seega on määrimisvõime õlide peamisi kulumisvastaseid omadusi. Määrdeõli määrimisvõime ehk õlikelme tekkemehhanism põhineb kahel nähtusel:

- 1) määrdeõli osakesed adsorbeeruvad, st kleepuvad hõõrdepindadele ja moodustavad seal tugeva kelme, mille paksus on (0,1 - 0,5)  $\mu\text{m}$ ;
- 2) samaaegselt reageerivad mõned määrdeõlis leiduvad keemilised elemendid (Cl, P, S) ja orgaanilised happed hõõrdepindade metalliga. Moodustuvad kloriidid, fosfiidid, sulfiidid jms, mis on plastsed, väikese hõõrdeteguriga ja soodustavad detailide libisemist. Tekkinud

väga õhuke ühendite kiht kujutab endast antifriksioonset ainet. See takistab hapniku tungimist metallisse ja metallide omavahelist kokkupuudet ning hoiab ära metalliosakeste kaasahaaramise libisemisel.

Mootoriõlide stabiilsus- see näitaja on vajalik selleks, et nad võimalikult kaua oma esialgsed omadused säilitaksid. Määrdeõli omadust võimalikult vähe muutuda nimetatakse stabiilsuseks. Õlide omaduste püsivust kõrgetel temperatuuridel nimetatakse termiliseks stabiilsuseks. Hapniku- ja kõrgete temperatuuride keskkonnas –termoksüdatsiooniliseks stabiilsuseks. Õlide säilivus sõltub aga oluliselt hoiutingimustest – temperatuurist (temperatuuri tõusul vananemine kiireneb), kokkupuutest mootoriõli vananemist katalüüsivate metallidega ja õhu juurdepääsust. Seega tuleb mootoriõlisisid säilitada suletud nõus.

Mootoriõlide aurustuvuse kaudne iseloomustaja on õlide leekpunkt. See on madalaim temperatuur, mille juures kindlatel tingimustel kuumutatava mootoriõli aurud moodustavad õhuga segu, mis leegi lähendamisel plahvatab (esimene sähvatus), kusjuures mootoriõli ise seejuures veel ei sütti. Leekpunkti määratakse mootoriõli kuumutamisel kas lahtises tiiglis- *Cleveland Open Cup*- COC või kinnises tiiglis- *Pensky-Martens Cup*- PMC. Tulemused on erinevad, kinnises tiiglis on leektemperatuur (20 - 25) °C madalam.

Süttimistemperatuur saadakse, kui mootoriõli kuumutatakse avatud tiiglis nii kuumaks, et ta leegiga süüdatult jätkab põlemist vähemalt 5 sekundit. Süttimistemperatuur on tavaliselt (10-30) °C kõrgem leektemperatuurist.

Mootoriõli valikul peab teadma, et mida madalam on mootoriõli leektemperatuur, seda intensiivsemalt ta aurustub ja põleb ära kõrge temperatuuriga pindadelt ning saastab mootorit tahma, nõe ja muude põlemissaadustega. Parem on see mootoriõli, mille leekpunkt on kõrgem. Nüüdismootoriõlidel on leektemperatuur üle 200 °C, tavaliselt (210 - 230) °C ja enam.

Tuhasisaldus (sulfaatne tuhk) on mootoriõlide tähtis näitaja. Tuhasisaldus on tingitud määrdeõlis esinevatest orgaanilistest ja mineraalsetest sooladest, mida lisatakse määrdeõliledele manustena. Õlide töötamisel mootoris tema tuhasus suureneb mitmesuguste õlisse sattuvate mehaaniliste lisandite ja hõõrduvatelt pindadelt eralduvate metalliosakeste arvel.

Enamike mootoriõlide koostises on manused, mille põhikomponendid on metallisoolad (Zn, Ba, Ca ühendid), mis jäävad tuha hulka. Õlide sulfaatne tuhasus on tõsiselt arvestatav näitaja kahetaktiliste mootorite õlides, kus pärast mootoriõli põlemist (koos mootorikütusega) on põlemiskambris jääv tuhk üheks tagi koostisosaks. Mida rohkem

sisaldab värske õli tuhka, seda kõvem tagikiht tekib. Tuhasus suurendab kõigi määrimistvajavate detailide kulumist. Seetõttu on mootoriõlid, eriti 2-taktiliste mootoriõlid, minimaalse sulfaatse tuhasisaldusega või tuhavabad (sulfaatne tuhasisaldus alla 0,01%). Nüüdismäärdeõlide tuhavabastus on saavutatud nn tuhavabade manuste väljatöötamisega. Need on metallorgaanilised ühendid, mis põlevad kergemini ja väiksemate jääkidega.

Üldiselt mõjuvad mootorikütused ja nende põlemissaadused mootorile korrodeerivalt. Korrodeeruda võivad põlemiskambrid, silindrid, kolvid, laagrid, eriti aga toite- ja väljalaskesüsteem.

Kuna mootorid ei tööta 100 % oma ajast, siis mootori jahtudes kondenseerub vett ja happeid (mittetäielikust põlemisest tekib happeid, tahma jne) tema detailidele. Ka käivitamisel satub mõningane kogus vett mootoriõlisse, kuna osa mootorikütuse põlemisel tekkinud aurust kondenseerub külma mootori silindrite seintele ("tilkuvad" summutid on üldtuntud nähtus). Vett eraldub päris palju, sest ~1 liitri bensiini põledes tekib ~1 liiter vett. Selles vees lahustuvad süsinikmonooksiid ( $\text{CO}$ ), süsinikdioksiid ( $\text{CO}_2$ ), samuti lämmastikoksiidid ( $\text{NO}_x$ ) ja vääveloksiidid ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ). Tulemuseks on happelise reaktsiooniga vedelik, mis mõjub silindriseintele agressiivselt ja võib hävitada neid katva õlikelme. Seega vee, happe ja metallide samaaegne kooslus põhjustabki mootori roostetusohu, kuna happed omakorda põhjustavad keemilist söövitust. Mootoriõlid ei tohi tekitada korrosiooni, vaid peavad kaitsma metalle selle eest õlis sisalduvate korrosioonivastaste ja happeid neutraliseerivate manuste abil.

Korrosiivsus( $\text{g/m}^2$ ) määratakse sellel teel, et 50 tunni vältel sukeldatakse teadaoleva massiga pliiplaati  $140^\circ\text{C}$  kuumutatud õlisse sagedusega 15 korda minutis. Katse lõpul arvutatakse, mitu grammi vähenes plaadi mass  $1 \text{ m}^2$  pinna kohta.

Korrosiooni põhjustavad mitmesugused happed, eriti aktiivsed on vees lahustuvad happed. Nende sisaldus värsketes õlides on lubamatu. Orgaaniliste hapete mõju on tunduvalt nõrgem ja et õli on nendest hapetest väga raske täielikult puhastada, siis on nad õlides alati olemas. Nende kogust hinnatakse happearvuga.

Korrosiooni põhjustavad veel leelised, väävel ja mõned selle ühendid. Õlisse sattunud vesi kiirendab nende korrodeerivat toimet. Siit ka nõue, et vees lahustuvaid happeid, leelisi ja aktiivset väävlit mootoriõlid sisaldada ei tohi. Et orgaanilisi happeid pole võimalik mootoriõlist täielikult eemaldada, siis tuleb arvestada, et orgaanilised happed ei reageeri küll mustmetallidega, so malmide ja terastega, kuid võivad reageerida värviliste metallide ja nende sulamitega.

## **4. UURIMISTÖÖ KATSEMEETODID JA -SEADMED**

### **4.1 Katsemetoodika kirjeldus**

#### **4.1.1 Tegevusloetelu kütustelaboris**

Eesti Maaülikoolitehnikainstituudi kütuselaboris läbi viidud katsetuste eesmärk oli erinevate mootoriõlide tähtsamate parameetrite mõõtmine ja hindamine. Katselaboris viidi läbi järgnevate parameetrite mõõtmised: 1) tihedus, 2) kinemaatiline viskoossus (dünaamiline viskoossus arvutati), 3) hangumispunkt, 4) viskoossusindeks, 5) leekpunkt. Katsetulemused ja neile vastavad standardid on esitatud viiendas peatükis.

### **4.2 Mootoriõlide kvaliteeti iseloomustavate parameetrite määramine**

#### **4.2.1 Tiheduse mõõtmine**

Mootoriõli tihedus ehk tema massi ja mahu suhe kindlal temperatuuril, mida saab väljendada SI- või CGS- süsteemis vastavalt  $\text{kg/m}^3$  või  $\text{g/cm}^3$ . Tiheduse mõõtmiseks kasutati areomeetrit ehk naftadensimeetrit standardi ASTM D 1298 järgi. Tiheduse määramiseks valati mõõtesilindrisse piisav kogus mootoriõli, seejärel valitisobiva skaalaga naftadensimeeter ja asetati see mootoriõliga täidetud mõõtesilindrisse ja kui naftadensimeeter oli jäänud paigale ja mõõt jääb skaala vahemikku, kirjutati näit üles. Lisaks on mõõdeti ka õli temperatuur, mida mõõdeti digitaaltermomeetriga. Kui mootoriõli on läbipaistev, siis naftadensimeetri näit võetakse täpselt sellest kohast, kus mootoriõli pind lõikab skaalat. Selle koha leidmiseks tuleb vedeliku pinda vaadelda veidi eemalt ning pinnatasemest madalamalt, kus mootoriõli pind paistab ellipsi kujuna. Seejärel tuleb vaadelda vedeliku pinda täpselt horisontaalselt ja leida pind, mis lõikab naftadensimeetri skaalat (joonis 4.1). Tiheduse näidu järgi saab mõningal määral otsustada, kas mineraalne mootoriõli on valmistatud alkaanide või tsükloalkanide alusel ning saab hinnata ka antud mootoriõli ligikaudset kvaliteeti. Mida väiksem tihedus, seda hoolikamalt on rafineeritud ja paremast toormest on valmistatud.





**Joonis 4.1** Naftadensimeetri näidu lugemine

Kuna normdokumentides on nõutud esitada tihedus 15 °C, töös määrati aga toatemperatuuril, siis tiheduse ümberarvutamiseks kasutati valemit (ASTM D 1298):

$$\rho_{15} = \rho_t + \lambda(t - 15) \quad (3.1)$$

kus  $\rho_{15}$  - standardtihedus 15,0 °C juures;

$\rho_t$  - mõõdetud tihedus temperatuuril t, °C;

t- temperatuur tiheduse määramise ajal;

$\lambda(\gamma)$  - paranduskoefitsient e- tegur tiheduse temperatuurisõltuvuse jaoks ( IP 160/99).

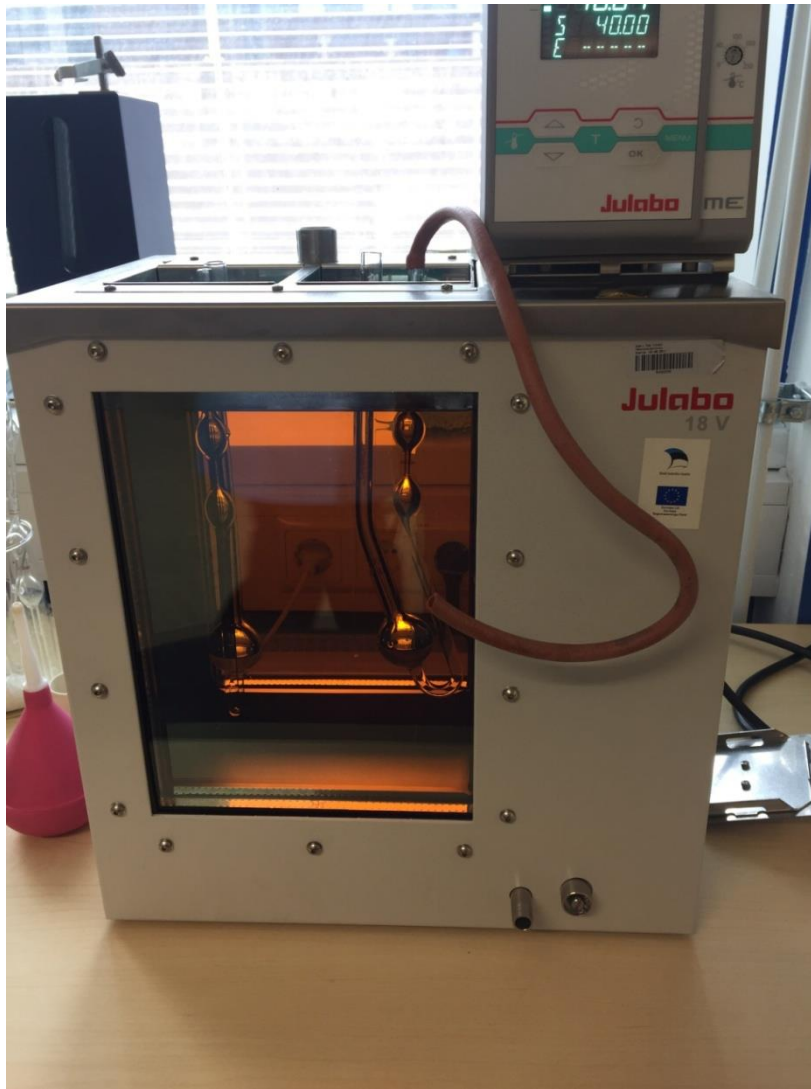
**Tabel 3.1** Paranduskoefitsiendid tiheduse temperatuurisõltuvuse jaoks (IP 160/99)

<i>Density at 15 °C, g/ml</i> Rel d 15/4 °C	<i>Correction coefficient</i> <i>per °C</i>	<i>Density at 15 °C, g/ml</i> Rel d 15/4 °C	<i>Correction coefficient</i> <i>per °C</i>
0,5967-0,6049	0,00105	0,7422-0,7534	0,00081
0,6050-0,6133	0,00103	0,7535-0,7646	0,00079
0,6134-0,6219	0,00101	0,7647-0,7757	0,00078
0,6220- 0,6319	0,00099	0,7758-0,7866	0,00076
0,6320-0,6418	0,00097	0,7867-0,7984	0,00074
0,6419-0,6529	0,00095	0,7985-0,8020	0,00072
0,6530-0,6648	0,00094	0,8021-0,8279	0,00070
0,6649-0,6773	0,00092	0,8280-0,8594	0,00069
0,6774-0,6897	0,00090	0,8595-0,9245	0,00067
0,6898-0,7023	0,00088	0,9246-1,0243	0,00065
0,7024-0,7164	0,00087	1,0244-1,0742	0,00063
0,7165-0,7298	0,00085	1,0743-1,1241	0,00061
0,7299-0,7421	0,00083		

Tavalistelt mootoriõli tihedus jääb vahemikku 810...950 kg/m<sup>3</sup>. Kui on kaks viskoossuselt samasugust mootoriõli, siis parem on see õli, mille tihedus on väiksem.

#### 4.2.2 Viskoossuse määramine

Mootoriõli kinemaatilist viskoossust mõõdetikütustelaboris Cannon - Fenske Routine kapillaarviskosimeetri abil (joonis 4.2), mille kalibreerimise konstant  $C = 0,2320 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ . Mootoriõli voolamiseks kulunud aeg mõõdeti stopperiga Oakton ning temperatuur hoiti Julabo termostaadisühel mõõtmisel 40°C ja teisel mõõtmisel 100°C. Kapillaarviskosimeetritega saab mõõta kindla vedelikukoguse läbivoolamise aega läbi peenikese vertikaalse kalibreeritud kapillaari kindlal temperatuuril. Antud mõõtmine viidi läbi vastavalt standardile ASTM D445. Tänu raskusjõule läbib õli kindla läbimõõduga kapillaari, antud katses 1,2 mm, mis on ettenähtud kasutada õlide viskoossuste vahemikus  $(50-250) \text{ mm}^2/\text{s}^2$ .



**Joonis 4.2** Viskosimeeter Cannon - Fenske Routine koos termostadiga

Kinemaatiline viskoossus arvutatakse võrrandiga

$$v = C * t \quad (4.1)$$

kus

$V$  - on kinemaatiline viskoossus  $\text{mm}^2/\text{s}$  kohta;

$C$  - viskosimeetri kalibreerimise konstant (viskosimeetri passist; ruutmillimeetrid sekundu kohta  $[\text{mm}^2/\text{s}^2]$ ;

$t$  - läbivoolu aeg sekundites.

Dünaamiline viskoossus  $\eta$ , arvutati kinemaatilise viskoossusest  $v$  ja tihedusest  $\rho$ , alljärgneva võrrandi järgi:

$$\eta = v * \rho \quad (4.2)$$

kus

- $\eta$  on dünaamiline viskoossus, Pa·s ;  
 $\rho$  on tihedus, kg /m<sup>3</sup>;  
 $\nu$  on kinemaatiline viskoossus, m<sup>2</sup>/s.

#### 4.2.3 Hangumispunkti määramine

Määrdeõlide hangumispunktiks loetakse temperatuuri, millest madalamal õli kaotab oma vedeluse, st lakkab valgumast raskusjõu mõjul. See on kõrgeim temperatuur, millest madalamal määrdeõli ei ole enam valatav. Hangumispunkti mõõdetakse hoolikalt kontrollitud tingimustes (ASTM D97). Testi käigus katseklaasis olevat mootoriõli aeglaselt maha jahutades kallutatakse katseklaasi aeg-ajalt püstiasendist 45° nurga alla ja hoitakse nii 5 sekundit. Kui mootoriõli pind (nivoo) katseklaasis liigub, jätkatakse mootoriõli jahutamist kolmekraadiste vahedega, kuni saavutatakse temperatuur, mille juures katseklaasis oleva mootoriõli pind 45° nurgani kallutamisel jääb minuti kestel muutumatuks. ASTM D 97 järgi esitatakse õli hangumispunkt 3 °C madalam kui määratud temperatuur.

Suurema jõu (näiteks õlipumba mõju) rakendamisel hangunud õlile, kristallstruktuurlaguneb ja õli on veel pumbatav. See ei kehti teatud sünteetiliste baasõlide puhul, mis saavutavad oma hangumispunkti alles siis, kui viskoossussuureneb sedavõrd, et pind suure viskoossuse tõttu liikuda ei saa.

Niisuguse õli korral saavutatakse õli jahutamisel voolavuspunkt (hangumispunkt) alles siis, kui pumbatavus on juba ammu ületatud. Seepärast ei saa hangumispunkti abil võrrelda mineraalõlide ja mõnede sünteetiliste õlide pakasekindlust. Selleks on vaja teisi meetodeid. SAE-klassifikatsioon kasutab selleks kaht mõõtmisviisi: pumbatavus (BPT) ja käivitatavus (CCS).

#### 4.2.4 Viskoossusindeksi leidmine

Mootoriõlidel kinemaatiline viskoossus ei ole püsiv, vaid ta sõltub rõhust ja temperatuurist. Väikestel rõhkudel näiteks alla 5.0 MPa viskoossus üldiselt ei muutu, kuid hakkab suurenema, kui rõhk ületab selle piiri. Viskoossusindeksi (VI) abil iseloomustatakse kinemaatilise viskoossuse sõltuvust temperatuurist. Väikese VI-ga mootoriõlidel on sõltuvus märgatav, suurtel mitte nii väga. Mida kõrgem on VI seda puhtam ja kvaliteetsem

on õli, seega on see mootoriõli üheks tähtsaimaks näitajaks. Mineraalõlidepõhistel õlidel, mis on saadud naftast, on kõverdunud viskoossus-temperatuuri sõltuvus. Parem on sünteesmäärdeainete viskoossus-temperatuuri sõltuvus laias temperatuuride vahemikus - 60°C kuni kõrgete temperatuurideni. Viskoossus-temperatuuri kõverate koostamine on väga töömahukas ja aeganõudev. Seetõttu mootoriõide viskoossus-temperatuur omadusi hinnatakse standardis ASTM D2270 etteantud tingimustel kahel temperatuuril, 40°C ja 100°C. Seejärel arvutatakse VI, kusjuures vajalikud L ja H väärtused 100°C juures saadakse D2270 tabelist.

$$VI = \frac{L - Y}{L - H} \cdot 100, \quad (4.3)$$

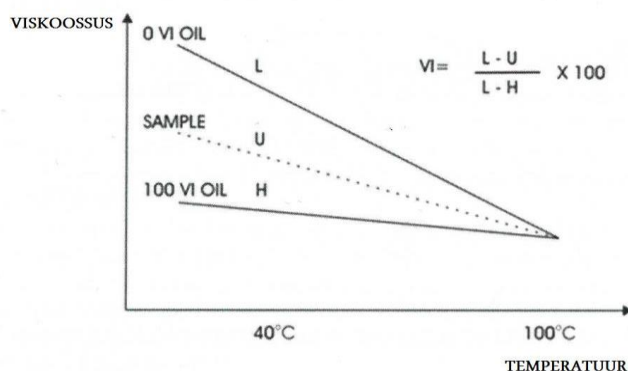
kus:

L – õli kinemaatiline viskoossus 40 °C juures, mille VI=0 ja 100 °C juures omab samasugust kinemaatilist viskoossust kui uuritav õli (mm<sup>2</sup>/s, cSt);

H- õli kinemaatiline viskoossus 40 °C juures, mille VI=100 ja 100 °C juures omab samasugust kinemaatilist viskoossust kui uuritav õli (mm<sup>2</sup>/s, cSt);

Y- õli kinemaatiline viskoossus 40 °C juures.

Ideaalne oleks määrideõli, mille viskoossus-temperatuuri sõltuvus oleks sirge ja paralleelne temperatuuri teljega st, mille viskoossus temperatuurist ei sõltuks. Viskoossusindeks (VI) kirjeldab õlide viskoossuse sõltuvust temperatuurist. Uuritava õli VI saab leida võrreldes tema viskoossusi kahe etalonõliga. Etalonõlideks on kaht liiki õlid: ühed, mis muudavad tugevasti oma viskoossust sõltuvalt temperatuurist (nende VI on 0), ja teised, mis muudavad oma viskoossust suhteliselt vähe (nende VI on 100 ja enam). Naftaproduktide viskoossusindeksi arvutamine on esitatud standardiga ASTM D 2270 (joonis 4.3).



**Joonis 4.3** Viskoossusindeksi arvutamine

Eelpool toodud viskoossusindeksi arvutamine kehtib juhul, kui õli viskoossusindeks on kuni 100. Kui viskoossusineks on  $> 100$ , arvutatakse ta ASTM D 2270 järgi vastavat valemist kasutades.

Kui viskoossusindeks on  $> 100$  ja kinemaatiline viskoossus on  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  juures väiksem kui  $70\text{ mm}^2/\text{s}$ , siis vastav  $H$  võetakse tabelist. Kui täpset vastet tabelis ei ole, tuleb kasutada lineaarset interpolatsiooni.

Viskoossusindeks arvutatakse valemist:

$$VI = [((\log N) - 1) / 0,00715] + 100 \quad (4.4)$$

kus:

$$N = (\log H - \log U) / \log Y, \quad (4.5)$$

$$Y^N = H / U$$

$U$  - testitava õli kinemaatiline viskoossus  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  juures,  $\text{mm}^2/\text{s}$

#### 4.2.5. Leekpunkti määramine

Õlide leekpunktid määrati lahtises tiiglis kuumutamisel *Cleveland Open Cup* (COC) meetodil ASTM D 92 järgi.

Leekpunkti määramiseks valati katseõli seadme (joonis 4.4) metallist anumasse selleks ettenähtud piirini ja seejärel hakati katseõli kuumutama ning kütuse temperatuuri jälgiti termomeetri abil. Katseõli üritati süüdata enne eeldatava leekpunkti jõudmiseni iga 2-3 kraadi tagant, kuni katseõli ja õhu segu aurud hetkeks süttisid juurdeviidud leegi toimet.

## 5. UURIMISTÖÖ TULEMUSED JA ARUTELU

### 5.1 Kütuselabori katsetulemused

#### 5.1.1 Tiheduse mõõtmine ASTM D 1298

Tiheduse mõõtmisel kasutati sobiva skaalaga naftadensimeetrit, mis sukeldati uuritava mootoriõliga täidetud mõõtesilindrisse (**Joonis 4.1**). Mõõtmised toimusid toatemperatuuril mootorratta mootoriõli (MM) tiheduse määramisel 21,55 °C ja automootoriõli (AM) tiheduse määramisel 21,97°C ning nendel temperatuuridel saadud õlide tihedus oli MM - 876 kg/m<sup>3</sup> ja AM –847,5 kg/m<sup>3</sup>. Kuid naftasaaduste tihedus anti temperatuuril 15 °C, mida kirjeldab valem (3.1).

$$\rho_{15} = \rho_t + \lambda(t - 15)$$

$$\rho_{15} = 847,5 + 0,69(21,97 - 15) = 852,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{15} = 876 + 0,67(21,55 - 15) = 880,4 \text{ kg/m}^3$$

Temperatuuril 15 °C juures mootoriõlide tihedused olid vastavalt MM - 880,4 kg/m<sup>3</sup> ja AM - 852,2 kg/m<sup>3</sup>

#### 5.1.2 Viskoossuse määramine ASTM D 445 järgi

Mootoriõli kinemaatilist viskoossust mõõdeti kütustelaboris Cannon - Fenske Routine kapillaarviskosimeetri abil (joonis 4.2).

Automootoriõli:

$$\text{Viskosimeetri konstant } C_{40} = 0,2320 \text{ mm}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Keskmise läbivoolu aeg } t = 294 \text{ s}$$

$$\text{Kinemaatilise viskoossuse arvutamise valem } v = C * t$$

$$v_{40} = 0,2320 * 294 = 68,21 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$\text{Tihedus } 40^\circ\text{C juures } \rho_{40} = 852,2 + 0,69(15 - 40) = 834,9 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Dünaamilise viskoossuse arvutamise valem } \eta = v * \rho$$

$$\eta = 0,00006821 * 834,9 = 56,95 \text{ mPa} * \text{s}$$

Mootorratta mootoriõli:

Viskosimeetri konstant  $C_{40} = 0,2320 \text{ mm}^2/\text{s}^2$

Keskmine läbivoolu aeg  $t = 480 \text{ s}$

Kinemaatilise viskoossuse arvutamise valem  $v = C * t$

$$v_{40} = 0,2320 * 480 = 111,4 \text{ mm}^2/\text{s}$$

Tihedus 40°C juures  $\rho_{40} = 880,4 + 0,67(15 - 40) = 863,7 \text{ kg/m}^3$

Dünaamilise viskoossuse arvutamise valem  $\eta = v * \rho$

$$\eta = 0,0001114 * 863,7 = 96,12 \text{ mPa} * \text{s}$$

Mootoriõlide kinemaatilisteks viskoossusteks saadi AM - 68,21 mm<sup>2</sup>/s ja MM - 111,36 mm<sup>2</sup>/s. Tihedus 40 °C juures oli AM - 834,9 kg/m<sup>3</sup> ja MM - 863,7. Mootoriõlide dünaamilised viskoossused mõõtmisel 40°C juures saadi AM - 56,95 mPa·s ja MM - 96,12 mPa·s.

### 5.1.3 Viskoossusindeksi arvutamine

Mõlema mootoriõli viskoossusindeks arvutati ASTM D 2270 järgi.

Automootoriõli:

Viskosimeetri konstant  $C_{100} = 0,2306 \text{ mm}^2/\text{s}^2$

Keskmine läbivoolu aeg  $t = 51 \text{ s}$

Kinemaatilise viskoossuse arvutamise valem  $v = C * t$

$$v_{100} = 0,2306 * 51 = 11,76 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$VI = \frac{L - Y}{L - H} * 100$$

$$VI = \frac{194,44 - 68,21}{194,44 - 104,62} * 100 = 141$$



Tulemus saadi suurem kui 100 ja kinemaatiline viskoossus 100°C oli väiksem kui 70mm<sup>2</sup>/s, siis kasutati standard ASTM D 2270 järgi viskoossusindeksi arvutamiseks,  $N = (\log H - \log U) / \log Y$ , kus H võeti tabelist

$$N = (\log(104,62) - \log(68,21)) / \log(11,76) = 0,1736$$

$$VI = [((\text{anti log } N) - 1) / 0,00715] + 100 = [((\text{anti log } 0,1736) - 1) / 0,00715] + 100 = 169$$

Mootorratta mootoriõli:

$$\text{Viskosimeetri konstant } C_{100} = 0,2306 \text{ mm}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Keskmise läbivoolu aeg } t = 72 \text{ s}$$

$$\text{Kinemaatilise viskoossuse arvutamise valem } v = C * t$$

$$v_{100} = 0,2306 * 72 = 16,6 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$VI = \frac{L - Y}{L - H} * 100$$

$$VI = \frac{354,1 - 111,4}{354,1 - 173,8} * 100 = 135$$

Tulemus saadi suurem kui 100 ja kinemaatiline viskoossus 100°C oli väiksem kui 70mm<sup>2</sup>/s, siis kasutati standard ASTM D 2270 järgi viskoossusindeksi arvutamiseks,  $N = (\log H - \log U) / \log Y$ , kus H võeti tabelist

$$N = (\log(173,8) - \log(111,4)) / \log(16,6) = 0,1584$$

$$VI = [((\text{anti log } N) - 1) / 0,00715] + 100 = [((\text{anti log } 0,1584) - 1) / 0,00715] + 100 = 161$$

Mootoriõlide kinemaatilisteks viskoossusteks 100°C juures leiti MM - 16,60mm<sup>2</sup>/s ja AM - 11,76mm<sup>2</sup>/s. Tihedus 100 °C juures oli AM - 793,6 kg/m<sup>3</sup> ja MM - 823,45kg/m<sup>3</sup>. Tulemused tulid vastavalt MM - 161 ja AM - 169. Mõlemal mootoriõlil on väga kõrge viskoossusindeks, mis on väga hea näitaja. Mõlemad mootoriõlid on valmistatud ekstra (üli-) kõrge viskoossusindeksiga baasõlidest- XHVI (*Extra High Viscosity Index*), mille VI>140.

### 5.1.4 Leekpunkti määramine

Leekpunkti määramine toimus standarti ASTM D 92 järgi lahtise tiiglga. Mootorratta mootoriõli leekpunktiks saadi 250°C ja automootoriõli 233 °C.

### 5.1.5 Hangumispunkti määramine

Selleks kasutati FRYKA Kältechnik sügavkülmkappi, mida saab külmutada -10 kuni -50°C. Mõlema mootoriõli hangumispunktiks saadi -39°C. See oli punkt, mille juures katseklaasi kallutamisel vähemalt 5 sekundi jooksul ei hakanud õli voolama.

### 5.2. Katsetulemuste arutelu

Kütuselaboris läbi viidud katsetustel mõõdeti mootoriõlide tihedus, viskoossus, arvutati viskoossusindeks, määrati leekpunkt ja hangumispunkti. Katsetustel kasutati Eesti auto varuosapoodides müüdavat mootoriõli autodele ja mootorratastele. Tabelis 4.1 ja tabelis 4.2 on välja toodud tulemused, mis saadi kütuselaboris. Lühendid AM – automootoriõli CASTROL EDGE 5W-30 <sup>LL</sup> täissünteeiline TITANUM FST <sup>TM</sup> manusega bensiini- ja diiselmootoritele; MM - mootorratta mootoriõli MOTUL 300V 4T Road Racing 15W50 ESTER Core 100% sünteeiline õli võidusõidu mootorratastele. Tabelis 4.3 ja tabelis 4.4 on esitatud firmade CASTROL EDGE ja MOTUL õlide kvaliteedinäitajate nõuded.

**Tabel 4.1** Kütuselabori katsetulemused ja nõuded automootoriõlile [13]

Näitaja	Määramismetoodika	Ühik	AM	Nõue Castrol
Tihedus, 15 °C	ASTM D 1298	kg/m <sup>3</sup>	852,2	856
Hangumispunkt	ASTM D197	°C	-39	-39
Leekpunkt	ASTM D92	°C	235	>200
Viskoossus, 40 °C	ASTM D 445	mm <sup>2</sup> /s	68,21	62.64
Viskoossus, 100 °C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /s	11,8	10,7
Viskoossusindeks	ASTM D 2270		169	159

**Tabel 4.2** Kütustelabori katsetulemused ja nõuded mootorrattaõlile SAE 15W50 [12]

Näitaja	Määramismetoodika	Ühik	MM	Nõue Motul
Tihedus, 15 °C	ASTM D 1298	kg/m <sup>3</sup>	880,4	868
Hangumispunkt	ASTM D197	°C	-39	-39
Leekpunkt	ASTM D92	°C	250	238
Viskoossus, 40 °C	ASTM D 445	mm <sup>2</sup> /s	111,4	122,9
Viskoossus, 100 °C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /s	16,60	18,1
Viskoossusindeks	ASTM D 2270		161	164

**Tabel 4.3** *MOTUL 15W50 ester base core racing oil properties* [12]

Viscosity grade SAE	SAE J 300	SAE 15W50
Viscosity at 40°C (104°F)	ASTM D445	122.9 mm <sup>2</sup> /s
Viscosity at 100°C (212°F)	ASTM D445	18.1 mm <sup>2</sup> /s
HTHS viscosity at 150°C	ASTM D4741	5.3 mPa.s
Viscosity index	ASTM D2270	164
Pour point	ASTM D97	-39°C / -38.2°F
Flash point	ASTM D92	238°C / 460.4°F
TBN	ASTM D2896	8,25 mg KOH/g

**Tabel 4.4** *Castrol® EDGE® with SYNTEC® Power Technology* [13]

	Method	SAE 5W30
Viscosity @ 100C, cSt	ASTM D445	10,7
Viscosity @ 210F, SUS	ASTM D2161	61,7
Viscosity @ 40C, cS	ASTM D445	62,64
Viscosity Index	ASTM D2270	159
Low temperature (C) Cranking Viscosity, cP max	ASTM D5293	6600@-30
Low temperature (C) Pumping Viscosity, cP max	ASTM D4684	40000@-35
HT/HS Viscosity, cPmin	ASTM D4683	2,9
Pour Point, °C max	ASTM D97	-39
Flash Point, PMCC, °Cmin	ASTM D93	>200
Density at 15 °C, relative	ASTM D4052	0,856

Tabelitest 4.1-4.4 selgub, et mootorratta õlile on esitatud kvaliteedinõuded täidetud. Automootoriõlil saadi tihedus väiksem nõutust, kuid kõik ülejäänud näitajad jäid nõuetele vastama.

Tabelitest selgub, et mootorrattaõli tihedus ja kinemaatiline ja seega ka dünaamiline viskoossus on automootoriõli vastavate näitajatega võrreldes suuremad. Nad peavad olema selle tõttu suuremad, et mootorratta mootoriõli on rallivõistlusõli, mis peab tagama määrdevõime veel kõrgenenud temperatuuride (mootoriõli vedeldumise) ja suurte survete tingimustes. Samal ajal peab kõrgete temperatuuride tõttu õlid väga head oksüdatsioonilist stabiilsust omama. Vastasel juhul tekiks mootorratta õlisse hapnikuga reageerides oksüdatsiooniproduktid- vaigud, mis tekitaksid õlitussüsteemis ummistusi. Selle kinnituseks leiamegi õlikanistri tagaküljelt, et mootorratta õlisse on lisatud

oksüdatsioonilise stabiilsuse tõstmiseks molübdeenalküültkarbamaati (*molybden alkyl thiokarbamate*) (joonis A.4).

Automootoriõlisse on lisatud kandevõime tõstmiseks TITANUM FST™ manust. Kahjuks puudub Eestis vastavate mootoritestide tegemise võimekus, kuid ega nende teostamine käesoleva töö raames erilist tähtsust ei omagi, sest erinevate mootorite tööks on vajalikud spetsiaalsed määrideõlid.

Toodud laborikatsetustest selgus, et mootorratta õli kinemaatiliseks viskoossuseks saadi 40 °C juures 111,4 mm<sup>2</sup>/s ja 100 °C juures 16,60 mm<sup>2</sup>/s ja automootoriõlil vastavalt 68,2 mm<sup>2</sup>/s ja 11,90 mm<sup>2</sup>/s. Dünaamilised viskoossused, mis arvutati kinemaatiliste viskoossuste kaudu, saadi mootorratta õlil 56,65 mPa·s ja automootoriõlil 96,12 mPa·s.

Kuna mootorratta mootorid disainitakse järjest väiksemate mõõtudega, seejuures mootoripöörded, surved mootoris ja õli töötemperatuur järjest suurenevad, siis järelikult peavad õlide kvaliteedinäitajadki järjest paranema. Seda saavutatakse aga sünteetilise esterõli kasutamisega ja järjest keerukama aditiivide kompleksi lisamisega. See aga tõstab mootorrataste õlide hindu.

Mootorrattaõli tihedus oli suurem automootoriõlist ja mootorrattaõlil peab olema 10% automootoriõlist suurem oksüdatsiooniline stabiilsus [11]. Seda tagab MOTUL õlis esterbaasõli, millele on lisatud vajalikke manuseid. Õlile väga hea oksüdatsioonikindluse saamiseks lisatakse baasõlile manuseid. Mootorrattaõli kanistri tagaküljelt näeme, et õlile on lisatud molübdeenalküültkarbamaati (*molybden alkyl tiocarbamate*). Molübdeenalküülühend on oksüdatsioonistabiilsuse üheks võimalikuks tõstjaks õlides [12].

Automootoriõli kanistri esipaneelil on näha, et õli on SAE 5W30 täissünteetiline ja sisaldab TITANUM FST™ manust, mis annab võimaluse õlile suuremate survete tingimustes töötada (suurema jõudlusega sõidukites) ja on lubatud nii bensiinimootoris kui diiselmootoris kasutada (joonis A.1). Kui on käepärast mootoriõlile standardiga SAE J30:2015 õlile kehtestatud normnõuded, mis on esitatud (tabelis 2.1), siis näeme, et antud õli on polüviskoosne, aastaringseks kasutamiseks. Käitub talvel nagu õli SAE 5W, mille maksimaalne dünaamiline viskoossus madalal temperatuuril -30 °C juures 6200 mPa·s ASTM D 523 CCS (*Cold Crank Simulation*) järgi ja maksimaalne viskoossus 60000 mPa·s (cP) ja pumbatavuse piirtemperatuur -35 °C ASTM D4684 järgi minirotatsioon viskosimeetrit kasutades ning kinemaatiline viskoossus peab ASTM D 445 järgi olema 100 °C juures min 3,8 mm<sup>2</sup>/s. Õli suvised näitajaid SAE 30 on normitud kaks:

1) kinemaatiline viskoossus 100°C juures ASTM D 445 järgi min 9,3 mm<sup>2</sup>/s ja max <12,5 mm/s<sup>2</sup> ja 2) HTHS viskoossus 150°C juures min 2,9 mPa.s (cP), mis peab olema määratud ASTM D 4683 või CEC L-36-A-90 järgi. Käesolevas töös määrati automootoriõli viskoossus 100°C juures ASTM D 445 järgi ja saadi 11,9 mm<sup>2</sup>/s (mootorrattaõlil 16,6 mm<sup>2</sup>/s), mis vastavad esitatud nõudele.

Mootorratta kanistri esipaneelil on kirjas, et on MOTUL 300V Factory Line Road racing 15W50 ESTER Core 4T 100% täissünteesiline õli (joonis A.3) Esitatud õli on samuti universaalne polüviskoosne aastaringselt kasutamiseks, aga teises temperatuuride vahemikus kasutatav kui automootoriõli. Eelkõige on kasutatav suvel, sest SAE 15W50 talvised näitajad (normitud 3 tükki) ja näitajad on alljärgnevad: SAE 15W- käitub talvel nagu õli SAE 15W, mille maksimaalne dünaamiline viskoossus madalal temperatuuril -20 °C juures 7000 mPa.s ASTM D 523 CCS (*Cold Crank Simulation*) järgi ja maksimaalne viskoossus 60000 mPa.s (cP) ning pumbatavuse piirtemperatuur -25 °C ASTM D4684 järgi minirotatsioon viskosimeetrit kasutades ja kinemaatiline viskoossus peab olema 100 °C juures min 5,6 mm<sup>2</sup>/s ASTM D 445 järgi. Õli suvised näitajaid SAE 50 on normitud kaks: 1) kinemaatiline viskoossus 100 °C juures ASTM D 445 järgi min 16,3 mm<sup>2</sup>/s ja max < 21,9 mm/s<sup>2</sup> ja 2) HTHS viskoossus 150 °C juures min 3,7 mPa.s (cP), mis peab olema määratud ASTM D 4683 või CEC L-36-A-9.

Lõpuks vaatame õlikanistrite tagaküljelt (joonis A.2, joonis A.4), kas meie järeldused on olnud õiged selle kohta, missugustes sõidukites õlitootjad lubavad oma mootoriõli kasutada ja mis kvaliteediga õli on. Auto mootoriõli CASTROL EDGE kanistri tagaküljel on kirjas lisaks viskoossusnäitajale 5W-30 <sup>LL</sup>, et ta on ACEA klassifikatsiooni järgi C3 mootoriõli ja on heaks kiidetud MB 229.31/229.51; Porsche C30; VW 504 00/507 00 järgi. See tähendab, et õli on katsetanud mootoritootjad oma spetsifikatsioonide järgi ja selle märgistuse järgi võib õli kasutada igati nii bensiinisõidukites kui diislikütusega kaubikutes, kus on tuhapüüdur ja heitgaaside järeltöötlusseadmed (DPF, GPF, TWC). C3 ACEA klassi mootoriõli on Mid SAPS õli, mis tähendab, et ta sisaldab lubatud hulgas sulfaatset tuhka, fosforit ja väävlit. Need sõidukid peavad ühtlasi kasutama väävlivaba mootorikütust. Tagaküljelt selgub ka, et õli on ohtlik veeorganismidele ja on ohtlik üldse keskkonnale, sest ei ole kiiresti biolagunev õlitoode vaatamata sellele, et on täissünteesiline õli. *Mid SAPS* tähendab, et mootoriõli võib sisaldada kuni 0,8% sulfaatset tuhka. (Teised õlimargid *SAPS*: *Sulphated Ash* (SA>0,8%), *Phosphorus, Sulphur*; *Lowest SAPS ash* (SA <0,5%); *Low SAPS* (SA= 0,5%)).

ACEA C3(see on kanistril kirjas) õlid on mootoriõlid keskmise *Mid SAPS* (keskmise sulfaatse tuha) tasemegaõlid, mis on ettenähtud kasutamiseks katalüsaatoriga pikendatud õlivahetusvälbaga kõikides tüüpides kõrge jõudlusega sõidukites, millel on modernsed heitgaaside järeltöötlussüsteemid (DPF, GPF, TWC), *High Performance Passenger Car & Light Duty Van Gasoline & DI Diesel Engines* (otse sissepritsega diiselmootorid), mis on disainitud kasutama õlisid, mille minimaalne HTHS viskoossus on 3.5 mPa·s.

Castrol EDGE Titanium FST 5W-30 LL mootoriõli sobib kasutamiseks VAG Grupi mootorites.

Mootorratta kanistri tagaküljelt leiame aga informatsiooni selle kohta, et see õli on esterbaasil toodetud täissünteesiline õli, mis sisaldab lisaks terve kompleksi mootorratta jõudlust tõstvaid manuseid. Eraldi on välja toodud, et õli sisaldab molübdeen-alküültiokarbamaati. Õlis lahustuv organo-metalliline molübdeen orgaaniline ühend – molübdeenalküültiokarbamaat on lisatud selleks, et tõsta mootorratta õli oksüdatsioonikindlust [13].Ühtlasi antakse teada, et õli on disainitud sobivaks nii mootorisse, käigukasti kui sidurisse.

Käesolevas töös otsiti võimalust analüüsida mõlema õli oksüdatsioonilist stabiilsust, sest see näitaja erineb oluliselt mootorrattaõli ja automootoriõlidel, aga see ei osutunud võimalikuks. Eestis ei ole ühtki laborit, kus spetsiaalselt mootoriõlisid analüüsitaks. Nii ei saanud siin Saybolt Eesti AS ega Keskkonnauuringute Keskuse kütuste labor seda analüüsi teha vastavate seadmete puudumise tõttu. Lisaks saadeti mailid *SGS Germany, OelCheck GmbH* ja *Czech University of Life Sciences, Faculty of Engineering*, aga ei saanud kusagilt positiivset vastust. See näitaja oleks kõige iseloomulikumalt lisaks viskoossusele automootoriõli ja mootorrattaõli erinevust iseloomustanud.

Automootoriõli on lubatud ju kasutada üksnes mootoris, mitte transmissioonides ega käigukastis. Seega meie eelnevad järeldused on kõik kanistritel oleva teabega kinnitatud.

Seega mootorrattas, kus õli on ka käigukasti ja siduri õliks, ei tohi automootoriõli kasutada. Oht on termooksüdatsiooni tõttu mootori saastumine ja õli vähese kinemaatilise viskoossuse (ebapiisava määrdevõime) tõttu mootori kinnikiilumine (õli töötemperatuuri tõusu tõttu), jõuülekande süsteemis hammasrataste purunemine, siduriketaste kokkukleepumine jm. Kiusatus on küll odavamalt automootoriõli osta, aga hilisem mootorratta remont on juba märksa kallim ettevõtmine.

Nagu enamik tarbekaupade puhul on hind määratud paremate koostisosade poolt. Kui näete müügiriulil erineva hinnaga õlisid, siis see näitab, et kallimad sisaldavad head baasõli ja lisaks häid manuseid õli kvaliteedi tõstmiseks. Kvaliteet tagab oksüdeerimisstabiilsuse (võime vastu seista keemilisele lagunemisele), kuumakindluse, viskoossuse säilitamise võime rasketes töötingimustes (võime seista vedeldumisele vastu) ja sobiva hangumispunkti (voolavus madalatel temperatuuridel). Sünteetiline baasõli, mis on üks konkreetne keemiline aine, ei taga roostetamiskindlust, vaid vähese oksüdatsiooni tagab see, et õli happesus ei suurene (see on mure mineraalsete õlide puhul). Baasõlide tootmise eesmärgiks on molekulaarselt ühtne ja puhas aine. Sest ebaühtlased ja mittepuhad ained piiravad jõudlust. Kui baasõlile ei ole lisatud vastavat manust, siis õlil ei ole kaitset korrosiooni eest, mis võib tekkida, kui mootorratas seisab talv läbi garaažis.

Auto- ja mootorrataste tootjate ja väljatöötajate-inseneride kehtestatud mootoriõlide ja mootorrataste õlide spetsifikatsioonides laborikatsetuste füüsikalises-keemilistes kvaliteedinõuetes (laborikatsetustes) vastavalt 2016 ACEA OIL SEQUENCES -2016 ja JASO MA järgi kattuvusi praktiliselt ei ole. Ainult üks näitaja- kuluosa viskoossus 30 tsükli läbinud õlile (*Share viscosity at 30 test*- kuluosa viskoossus peale 30 testi, 100 °C juures) on kehtestatud mõlemale õlile: automootoriõlile 5W30 >8,6 mm<sup>2</sup>/s ja mootorratta õlile 15W 50 – 15 mm<sup>2</sup>/s ASTM D6278 või CEC-L-14-A-93 järgi. See näitaja tõestab jällegi, et mootorratta mootoriõli peab säilitama kõrge viskoossuse ka pärast testi läbimist (algne nõue läbitöötamata õlile min 18,1 mm<sup>2</sup>/s, tabel 4.3). Sama kehtib ka mootorikatsetuste kohta- ka need on erinevatele õlidele erinevad, sest õlid töötavad väga erinevates tingimustes autode ja mootorrataste mootorites.

Kuna tehnika määride- ja hooldusainete müügipunkides on sagedane küsimus, miks ei saa lihtsalt tavakasutuses olevat mootoriõli oma mootorrattas kasutada, siis veelkord kokkuvõtvalt lühike vastus on, et õlidel on teatud rakendused erinevates mootorites. Mootorrataste mootorid ja automootorid toimivad erinevalt ja neis kasutatavatele määrideainetele esitatakse erinevaid kvaliteedinõudeid. Allpool on esitatud kokkuvõtvalt kuus esmast erinevust mootorratta- ja auto mootoriõli rakendustele [14].

Esimene on töökiirus. Mootorratta mootor võib töötada oluliselt kõrgemal kiirusel kui autodel. See põhjustab täiendavat survet mootorile, suurendades vajadust kaitsta mootori detaile kulumise eest. Samuti põhjustab määrideõlide kõrgema koormus nihkepinge kasvu. Mootori kõrgendatud pöörded minutis (p/min) võivad põhjustada õli vahutamist, mis omakorda vähendab õli koormust kandvat võimet ja kiirendab samaaegselt oksüdatsiooni.



Teiseks erinevuseks on surveaste. Mootorrattad töötavad suuremal mootori surveastmel kui autod. Kõrgemad surveastmed tekitavad täiendavat koormust mootorile ja tõstavad mootori töötemperatuuri. Õlile esitatakse kõrgemaid nõudmisi kulumise vastu. Kõrgendatud töötemperatuuride tõttu on oht õli termiliseks lagunemiseks vähendades sellega õli eluiga ja suurendades mootoris setete teket.

Kolmas erinevus on mootorite erivõimsuses. Mootorrattad toodavad peaaegu kaks korda rohkem kW (hj)/cm<sup>3</sup> kohta kui autod. See tähendab, et mootorratta mootoriõli peab taluma kõrgemaid temperatuure ja surveid.

Neljandaks erinevuseks on jahutus. Üldiselt autod kasutavad keerukamaid vesijahutussüsteeme mootori töötemperatuuri kontrollimiseks. Sarnaseid süsteeme võib leida mootorrattastel, kuid ka teised võimalused on olemas. Paljud mootorrattad on õhkjahutusega või kasutatakse kombineeritult õli- ja õhkjahutust. Kuigi see viis on tõhus, võib see põhjustada suuremaid töötemperatuuride kõikumisi, eriti kui mootorrattad sõidavad liikluses, kus peab tihti seisma jääma ja seejärel koha pealt kiirendama. Kõrgenenud töötemperatuur aga jällegi soodustab oksüdeerumist ja põhjustab õlide vedeldumist, vähendades nende kandevõimet.

Viiendaks erinevuseks on erinevad määrideõli funktsioonid. Autodes kasutatakse mootoriõli ainult selleks, et määrida mootori liikuvaid osi. Teistel auto liikuvatel osadel, nagu näiteks käigukastil, on eraldi reservuaarid, kuhu saab valada spetsiaalset õli, mis on selle ülekande jaoks mõeldud. Nende teiste määrideõlide nõuded erinevad oluliselt automootoriõlist. Paljudel mootorrattastel on ühine õli, mis on nii mootorile kui ka käigukastile. Sellistel juhtudel on õli vaja selleks, et see määriks nii mootorit kui ka käigukasti hammasrattaid.

Kuuendaks erinevuseks on tööseisakud. Mootorrattaid kasutatakse tavaliselt harvem kui autosid. Arvestades, et autosid kasutatakse igapäevaselt, siis mootorratta kasutamine on tavaliselt perioodiline ja paljudel juhtudel hooajaline. Need pikendatud seisakuperioodid põhjustavad täiendavat survet mootorrattaõlile. Sellises olukorras on kriitiliseks probleemiks rooste- ja happekorrosiooni teke.

Mootoriõlide valikuks on tarvilikud eelteadmised. Tavalised mootoriõlid kalduvad rohkem kaotama viskoossust tänu mehaanilisele kulumisele. Viskoossus on õli üks tähtsamaid omadusi ja mootorid on mõeldud töötama kindla viskoossusega õliga. Mootori kloppimine, mootori-ja ülekandeosade kõrged pöörded koos kõrgete temperatuuridega võivad sõna

otseses mõttes õli molekulaarse struktuuri lõhkuda või lõhustada ja eriti ebastabiilsed on tavaõlide molekulid. Selle tulemusena õli kaotab viskoossuse ja muutub vedelamaks. Ning järsku 20W-50 õli muutub 20W40-ks, mis ei vasta enam viskoossuse nõuetele, mida oleks vaja mootorratta mootorile, et oleks maksimaalne kaitse kulumisele.

Rafineerimisega saab ainult piirata lisandeid ja molekulaarseid erinevusi baasõlidel, siis keemiliste reaktsioonidega, millest toodetakse sünteetilisi baasõlisisid, saab toota molekulaarselt ühtlasi ja puhtaid baasõlisisid. Lühidalt öeldes, paremate koostisosadega. Sünteetilistel õlidel on suurenenud kuumuse kaitse ja mehaaniline kuluvus võrreldes tavaliste baasõlidega. Tootes selliseid määrdeaineid, mis sisaldavad sünteetilisi baasõlisisid, milles on ühtsed molekulid ja mis ei sisalda lisandeid, saab lahendada probleemid mehaanilise kulumise, temperatuuri ja võimsuse kohta. Lõpp-produkt lihtsalt töötab paremini. Niisiis, kui arutelu jätkub selle üle, millist marki mootoriõli kasutada, siis see sõltub suuresti sellest, mis teeb need õlid sünteetiliselt erinevaks. Kui mootorratta tootjad jätkavad suurte võimsuste tagamisega väikestest mootoritest, siis see esitab väljakutsed mootoriõlide kuuma- ja kulumiskindlusele. Kuigi milline mootorratta omanik ei tahaks rohkem võimsust ja maksimaalset kütusesäästlikkust. Sünteetiline mootoriõli vähendab rohkem hõõrdumist võrreldes tavaõlidega, mis väljendub kW-de muutuses (hobujõus) ja kütusesäästlikkuses. Tavaliste õlide töötamise võime on piiratud. Samamoodi on ka poolsünteetiliste õlide puhul, milles on teadmata sünteetilise baasõli % tavalises baasõlis. Sellised õlid on hästi teeninud aastaid, kuid nende ajastu on läbi. Tavaliste õlide müük on peatunud ja sünteetiliste õlide müük on hakanud kasvama, mis tähendab, et sünteetilised õlid võivad üha enam klientide usaldust. Sünteetilised õlid on kõige odavam pikaajaline investeering oma mootorratta jõudlusele ja pikaajalisusele.

# KOKKUVÕTE

Antud bakalaureuse töö eesmärgi täitmiseks uuriti kahte Eesti autovaruosade kaupluses müügis olevat mootoriõli. Üks auto ja teine mootorratta mootorile. Bakalaureusetöö teoreetilises osas, kirjanduse ülevaates kirjeldati määrideõlide tootmistehnoloogiat, esitati sõiduautode, veokite ja mootorrataste mootoriõlide SAE, ACEA ja API klassifikatsioon ja standardiseeritud nõuded ning kirjeldati mootoriõlide omadusi. Töö eksperimentaalses osas toodi ära katsemeetodid ja –seadmed õlide näitajate katsetamisel, esitati õlidele määratud parameetrid koos arvutustega ja analüüsi saadud tulemusi.

Eesti Maaülikooli Tehnikainstituudi kütustelaboris tehti katseid automootoriõlile Castrol EDGE TITANUM FST<sup>TM</sup> SAE 5W-30 täissünteetiline automootoriõli ja MOTUL 300 V 4-taktiline estrite baasil valmistatud SAE 15W50 100% sünteetilisele mootorratta mootoriõlile. Laborikatsetes leiti õlide tihedus, kinemaatilised viskoossused 40 °C ja 100 °C juures (arvutati dünaamiline viskoossus) ja viskoossusindeks, hangumispunkt ja leekpunkt. Seejärel võrreldi esiteks tulemusi normdokumentides esitatud näitajatega. Katsetuses saadud mootoriõlide kvaliteedinäitajaid võib hinnata väga heaks. Teoreetiliselt arutleti ka oksüdatsioonilise stabiilsuse võrdlemise üle, kuna seda ei saadud katsetada, siis võib järeldada, et see on mootorratta mootoriõlil parem, kuna see töötab suurematel koormustel ja õlisse on lisatud oksüdatsioonilise stabiilsuse tõstjat – molübdeenalküülitiokarbamaati.

Töö lõpus on kokkuvõtvalt kirja pandud, miks ei saa lihtsalt oma tavakasutuses olevat automootoriõli kasutada mootorrattas. Välja on toodud põhilised kuus erinevust mootorratta ja automootoriõlide töös: 1) töökiiruste erinevus, mootorratta mootor võib töötada oluliselt kõrgemal kiirusel kui autodel, mis põhjustab täiendavat survet mootorile, suurendades vajadust kaitsta mootori detaile kulumise eest. Mootori kõrgendatud pöörded minutis (p/min) võivad põhjustada õli vahutamist, mis omakorda vähendab õli koormust kandvat võimet ja kiirendab samaaegselt oksüdatsiooni; 2) mootorratta surveastmed mootoris on suuremad, mis tekitavad täiendavat koormust mootorile ja tõstavad mootori töötemperatuuri, tekib oht õli termiliseks lagunemiseks vähendades sellega õli eluiga ja suurendades mootoris setete teket; 3) mootorratta mootorite erivõimsused kW(hj)/cm<sup>2</sup> on ligikaudu kaks korda kõrgemad kui autode mootoritel, st mootorratta mootoriõli peab taluma kõrgemaid temperatuure ja surveid; 4) mootorijahutuse erinevused, kõrgenenud

töötemperatuur mootorratta mootoris jällegi soodustab oksüdeerumist ja põhjustab õlide vedeldumist vähendades nende kandevõimet; 5) määrideõlide erinevad funktsioonid: autode mootoriõli on ainult mootoridetailide määrimiseks, mootorrattaõli paljudel mootorratastel on ühine nii mootorile, käigukastile kui sidurile; 6) mootorrataste tööseisakud, neid kasutatakse harvem, talvel tihti üldse mitte. Sellises olukorras on kriitiliseks probleemiks rooste- ja happekorrosiooni teke mootoris veekondenseerumise tõttu õlisse.

Kasutades õigeid õlisid, eelkõige sünteetilisi õlisid oma mootorrataste õlidenäe on kõige odavam pikaajaline investeering oma mootorratta jõudluse tagamiseks ja pikaajaliseks kasutamiseks.

Töö lõpus lisades toodi välja, kuidas tavakasutaja peaks lugema õlikanistrilt temale seal edastatavat infot.

Töö edasiarendusena võiks välja selgitada mõlema mootoriõli oksüdatsioonilise stabiilsuse, mille kaudu saaks kõige paremini kahte õli eristada. Samuti võiks teha mõlema mootoriõliga ehtsad määrimiskatsed, sest automootoriõlisse on spetsiaalselt juurde lisatud TITANUM FST<sup>TM</sup> manust, mis tõstab õli jõudlust ja määrimisvõimet suurte survete tingimustes.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. **Naams, M.** (2015). Määrdeainete lühikursus. Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool. 396 lk.
2. **Mollenhauer, K., Tschöke, H.** (2010) Handbook of Diesel Engines. Berlin. Springer. 642 lk.
3. **Naams, M.** (2012) Autode määrdeained. Tartu. 374 lk.
4. SAE J300:2015.Engine Oil Viscosity Classification. Mootoriõli viskoossus- klassifikatsioon.
5. Elektrooniline materjal. Kättesaadav <http://www.elf.com/en/advice-corner/engine-oil-faq/oil-viscosity-chart.html> (02.05.2017).
6. ACEA Euroopa mootoriõlide klassifikatsioon.  
Kättesaadav<http://www.acea.be/news/article/acea-oil-sequences-2016> (28.04.2017).
7. API 1509- Engine Oil Licensing and Certification System API 1509, Engine Oil Licensing and Certification System, 17th Edition, Addendum 1 (October 2014 with Errata March 2015).
8. API õlide klassifikatsioonid. Elektrooniline materjal kättesaadav:  
<http://www.pqiamerica.com/apiserviceclass.htm> (28.04.2017)
9. JASO T903:2006 klassifikatsioonid. Elektrooniline materjal . Kättesaadav  
[http://www.jalos.or.jp/onfile/pdf/4T\\_EV1105.pdf](http://www.jalos.or.jp/onfile/pdf/4T_EV1105.pdf)(28.04.2017).
10. JASO õlide klassifikatsioonid. Elektrooniline materjal. Kättesaadav  
[http://www.jalos.or.jp/onfile/pdf/4T\\_EV1105.pdf](http://www.jalos.or.jp/onfile/pdf/4T_EV1105.pdf) (28.04.2017)
11. 300V Competition 15W-50 Racing lubricant for Motorsports 100% Synthetic – Ester Core Technology. Elektrooniline materjal kättesaadav:  
[https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/motul-production2/images/product\\_descriptions/technical\\_data\\_sheets/51780/300V\\_20Competition\\_2015\\_W-50\\_20\\_28GB\\_29.pdf?1492017369SAE](https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/motul-production2/images/product_descriptions/technical_data_sheets/51780/300V_20Competition_2015_W-50_20_28GB_29.pdf?1492017369SAE) (20.05.2017)
12. Castrol® EDGE® with SYNTEC® Power Technology. Elektrooniline materjal kättesaadav:  
[http://www.flagshiphawaii.com/msds/Alphabetical%20by%20Manufacturer/Castrol\\_Edge\\_5W50\\_Full\\_synthetic.pdf](http://www.flagshiphawaii.com/msds/Alphabetical%20by%20Manufacturer/Castrol_Edge_5W50_Full_synthetic.pdf) (20.05.2015)
13. TANEE Ltd kodulehekül. Lubricant additives. Elektrooniline materjal kättesaadav:  
<http://www.taneechem.com/en/Product.asp?gclid=CMOXjvKHsNMCFUrgGQodYmgETg>  
mootoriõli manused (20.05,2015)
14. MPN Motorcycle PowerSport News. Elektrooniline materjal kättesaadav:  
<http://www.motorcyclepowersportsnews.com/motorcycle-oil-what-difference-does-it-make/>(20.05.2017)

## SUMMARY

To complete the aim for the thesis, there were studied two types of engine oil what was available at local car parts store in Estonia. One engine oil was for car the other one was for motorcycle engine. The tests on oil were conducted in laboratories of Institute Technology of Estonian University of Life Sciences. In the laboratory tests there were found oil density, kinematic viscosity (calculated dynamic viscosity) and viscosity index, pour point and flash point. And then they were compared with each other.

Experiments with used engine oils derived parameters can be assessed as very good. Both oils comply with the standards and requirements and the quality of the indicators are very good. Theoretically, was also discussed over the comparison of oxidative stability because the laboratory test could not be done it can be concluded that motorcycle engine oil could be better as it needs to work at higher loads.

conclusions that a car motor oil is not suitable for motorcycle motor oil because these oils applications are different because of the motorcycle engine needs to be lubricated as well as a further clutch and gears, motorcycle engines often work faster and at higher temperatures. At the end of the thesis, there was pointed out how should common user should read the information from oil canister.

The work should be identified for both engine refinement oxidative stability. It could do both genuine engine oil lubrication tests.

**LISAD**

## LISA A. Mootoriõlide tähistus pakendil

Määrdeõlide valik on mitmekülgne ning tootjaid on erinevaid. Suur osa autojuhte ei puutu õlipakenditega kokku, kuna õlivahetus toimub autoteeninduses. Mootoriõlide vaatidel, kanistritel, pudelite ja muudel pakenditel on mootoriõli iseloomustavad kirjed, sümbolid, logod ja tähistused.



### 1. Joonis A.1 Automootoriõli tähistused pakendi esiküljel

Automootoriõli esipakendilt loeme välja: 1. Automootoriõli firma nimi: Castrol EDGE

2. Mootoriõli on täissünteesiline;

3. Viskoossusklassifikatsioon 5W-30, aastaringne, polüviskoosne

(Eestis tavaline kasutusel olev õli- SAE 5W 30 viskoossusmäärgiga tähendab seda (Mootoriõlide klassifikatsioon viskoossuse järgi vastavalt standardile SAE J300 mai 2004), et õli on aastaringne polüviskoosne. Tema max viskoossus -25 °C juures (madalal temperatuuril) on 7000 mPa·s (cP) (ASTM D5293 CCS külmkäivitamise



simulaatormetodil), max viskoossus mPa·s (cP) ja pumbatavuse piirtemperatuur on vastavalt 60000 mPa·s ja -30 °C. (MRV meetodil, ASTM D 4684). HTHS (*high temperature high-shear rate*) viskoossus min 2,9 mPa·s 150 °C juures. (ASTM D4683 või CEC L-36-A-90 järgi). Kasutatakse nii bensiini- kui diiselmootorites.

4. mootoriõli lühiiseloostus: näidatakse, et õli sisaldab TITANUM FST™ manust.

5. Õlikanistri maht- 1 L

Esiküljel on seega andmed ainult õli viskoossuse kohta, mitte kvaliteedi ja kasutamise kohta.



**Joonis A.2** Automootoriõli tähistused pakendi tagaküljel

6. Pakendi tagaküljelt selgub, et õli on ACEA C3 klassi mootoriõli ja heakskiidetud järgmiste mootoritootjate poolt: MB, VW, BMW Longlife.

Õli on bensiini mootoritega sõiduautodele kui diislikütusega väikekaubikutele. Õli vastab ACEA C3 nõuetele, on energiasäästev SAPS õli, kasutatav uutele mudelitele. OEM-de poolt heaks kiidetud spetsifikatsioonide tähised, mis lubavad kasutada mootoriõli kindla autotootjate toodetud mootorites.

7. Näitab, et õli on litsensitud ja vastab klassifikatsiooninõuetele.



**Joonis A.3** mootorratta mootoriõli tähistused pakendi esiküljel

Mootorratta õlipakendi esiküljelt me loeme välja:

1. mootorratta mootoriõli firma nimi: MOTUL 300V 4-taktiline õli;
2. mootoriõli lühiiseloostus: on võidusõidu mootoritele SAE klassifikatsiooniga 15W-50;
3. Viskoosusklassifikatsioon 15W-30, aastaringne, polüviskoosne;
4. Mootoriõli on täissünteesiline, esterbaasil
5. Õlikanistri maht- 1 L



Joonis A.4 Mootorratta mootoriõli tähistused pakendi tagaküljel

Pakendi tagaküljelt näeme:

6. märgistus, et õli on litsensitud ja vastab klassifikatsiooninõuetele;
7. nõuetele vastav mootoriõli, tutvustus manuse kohta: sisaldab oksüdatsioonilist stabiilsust tõstvat molübdeenalküülitiokarbamiidi;
8. ohutusnõuded õli käsitlemisel.

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

**Mina,** Marken Raudnagel

(*autori nimi*)

sünniaeg 17.09.1995,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

**AUTO JA MOOTORRATTA MOOTORIÕLI OMADUSTE NING TÖÖTINGIMUSTE VÕRDLEMINE**

(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendaja(d) on Kaie Ritslaid, (*juhendaja(te) nimi*)

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor Marken Raudnagel

(allkiri)

Tartu, \_\_\_\_\_ (*kuupäev*)

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_ (*juhendaja nimi ja allkiri*)

\_\_\_\_\_ (*kuupäev*)